



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ**

---

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**«Υδατοκαλλιέργειες» -**

**«Παθολογικά Προβλήματα Εκτρεφόμενων Υδροβίων Οργανισμών»**

**ΣΕ ΣΥΜΠΡΑΞΗ ΜΕ ΤΟ ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ-ΑΛΙΕΙΑΣ ΤΟΥ Τ.Ε.Ι. ΗΠΕΙΡΟΥ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

**“Μελέτη του πληθυσμού του επαπειλούμενου με εξαφάνιση είδους δίθυρου  
μαλακίου Πίννα (*Pinna nobilis*) στο Βόρειο Μαλιακό κόλπο”**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ**

Δημήτριος Τάγκαλης

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

Ιωάννης Θεοδώρου

ΚΑΡΔΙΤΣΑ 2012



**UNIVERSITY OF THESSALY  
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES  
FACULTY OF VETERINARY MEDICINE**

---

**POSTGRADUATE STUDIES PROGRAM**

***“Aquaculture” – “Aquatic Animal Health”***

**IN COLLABORATION WITH  
THE DEPARTMENT OF AQUACULTURE & FISHERIES, TEI OF EPIRUS**

**Thesis:**

“ Population study of the endangered bivalve molluscs species *Pinna nobilis* (Fan mussel) in North Maliakos Gulf ”

**POSTGRADUATE STUDENT**

Dimitrios Tagalis

**SUPERVISOR**

John A. Theodorou

KARDITSA 2012

Αφιερώνεται

στην κόρη μου Περσεφόνη

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι πίννες (*Pinna nobilis*-Linnaeus,1758) είναι ένα είδος δίθυρου μαλακίου, απειλούμενο με εξαφάνιση, που ενδημεί στη Μεσόγειο και προστατεύεται από την ευρωπαϊκή νομοθεσία. Αυτό το είδος έχει ταυτοποιηθεί μεταξύ άλλων και στη περιοχή του Μαλιακού κόλπου στην Ελλάδα. Αποτελούσε λοιπόν μεγάλης οικολογικής σημασίας το γεγονός της ανάληψης μίας επίσημης μελέτης του πληθυσμού των πιννών, για την προστασία και τη διατήρηση του είδους στο σημείο αυτό. Στην παρούσα έρευνα επιλέχθηκαν 5 περιοχές δειγματοληψίας στην παραλιακή ζώνη του Βόρειου Μαλιακού κόλπου στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Στυλίδας. Κάθε περιοχή συνιστούσε τετράγωνο με εμβαδό 100m<sup>2</sup>. Τα δείγματα μετρήθηκαν σε εύρος βάθων 30-120cm, και υπολογίστηκε ο απόλυτος αριθμός ζωντανών πιννών και το συνολικό προσθιοπίσθιο μήκος κάθε κοχυλιού. Επίσης λήφθηκαν δείγματα υποστρώματος για εδαφολογικές εξετάσεις και έγιναν μετρήσεις στα υποθαλάσσια λιβάδια *Posidonia oceanica*, ώστε να καθοριστούν οποιεσδήποτε σημαντικές σχέσεις με τον πληθυσμό των πιννών. Η μέση πυκνότητα πληθυσμού ανήλθε στα 49.5 άτομα ανά 100m<sup>2</sup>, ο μέσος όρος μηκών των οστράκων ήταν 34,75±77,26cm και η διάμεσος των μηκών 34,8cm. Ο τύπος του υποστρώματος έδειξε ότι επηρεάζει την πυκνότητα πληθυσμού ενώ τα λιβάδια *Posidonia oceanica* φάνηκε να ασκούν κάποια επίδραση στο μέγεθος και την πυκνότητα των πιννών. Τα αποτελέσματα οδηγούν στο συμπέρασμα ότι στην περιοχή διαβιεί ένας υγιής πληθυσμός με την πυκνότητα να ανέρχονται σε αρκετά υψηλότερο επίπεδο σε σύγκριση με άλλες περιοχές της Μεσογείου.

## ABSTRACT

*Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) is a bivalve molluscs species threatened with distinction. It is endemic to Mediteranean Sea and is protected by European legislation. *Pinna nobilis* appears in Greece, among all, in the region of Maliakos Gulf. It is therefore of ecological importance the study of *P. nobilis* populations as this will contribute to the future protection and maintainance of this species at that region. In the present study, five sample areas have been selected at the coastal area of Maliakos Gulf, in the municipality of Styrida. Each area comprised a square of 100m<sup>2</sup>. The individuals were measured at depths ranging from 30 to 120 cm, and the number of alive fan mussels was estimated, as well as the total anterior-posterior length of each specimen. Also, sediment samples were taken in order to carry out granulometric analysis, and measurements of sea grass *Posidonia oceanica* were made so as to determine the existence or not of any significant correlation among shell populations. The mean population density came up to 49.5 individuals per 100m<sup>2</sup>. The mean shell length was 34,75±77,26cm and the median was 34,8cm. The sediment type was found to affect the population density, while the meadows of *Posidonia* appeared to affect both the size and the population density. The findings suggest that at the specific area a healthy population of *Pinna nobilis* lives, whose density is a lot higher compared to other regions of the Mediteranean.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω

- Τον καθηγητή και επιστημονικά υπεύθυνο της διπλωματικής εργασίας κο Ιωάννη Θεοδώρου, που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με αυτό το εξαιρετικό αντικείμενο
- Το εργαστήριο υδρόβιων οικοσυστημάτων του τμήματος Ιχθυοκομίας-Αλιείας των ΤΕΙ Ηπείρου στην Ηγουμενίτσα, και ιδιαίτερα την εδαφολόγο κα Ελένη Τάτση για την άριστη συνεργασία

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	5
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	7
<b>A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>9</b>
A.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΠΙΝΝΩΝ .....	9
A.2 ΟΙ ΠΙΝΝΕΣ ΣΤΗ ΖΩΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ.....	13
A.2.1 Διακύβευση και προστασία του είδους <i>Pinna nobilis</i> και των βιοτόπων του.....	14
A.3 ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΤΟ ΕΙΔΟΣ <i>P.NOBLIS</i> .....	18
A.3.1 Μελέτες βιοχημείας - δομή του οστράκου των πιννών (biomineralization).....	19
A.3.2 Μελέτες αύξησης - ανάπτυξη και ηλικία των πιννών.....	27
A.3.3 Μελέτες φυσιολογίας - δραστηριότητα βαλβίδων στα <i>P.nobilis</i> (Shell gaping behaviore)....	35
A.3.4 Μελέτες πληθυσμών χλωρίδας & πανίδας (epibionts) που σχετίζονται με τις πίννες.....	41
A.3.5 Μελέτες οικολογίας –επίδραση Υδροδυναμικών πιέσεων στους πληθυσμούς των πιννών.....	48
A.3.6 Μελέτες της δομής πληθυσμών και των βιοτόπων των πιννών.....	53
A.4 Σκοπός της εργασίας.....	65
<b>B. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ.....</b>	<b>66</b>
B.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	66
B.2 ΕΡΕΥΝΩΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ.....	67
B.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ.....	69
B.3.1 Περιοχή 1.....	69
B.3.2 Περιοχή 2.....	70
B.3.3 Περιοχή 3.....	70
B.3.4 Περιοχή 4.....	70
B.3.5 Περιοχή 5.....	71
B.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΖΩΝΤΑΝΩΝ ΠΙΝΝΩΝ.....	71
B.5 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	73
B.5.1 Προσδιορισμός κοκκομετρικής σύστασης των υποστρωμάτων .....	74
B.5.2 Χαρακτηρισμός των εδαφών.....	76
<b>Γ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>78</b>

Γ.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΙΝΝΩΝ.....	78
Γ.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΛΙΒΑΔΙΑ <i>P.OCEANICA</i> .....	87
Γ.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	88
<b>Δ. ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b> .....	91
Δ.1 Συμπέρασμα.....	95
<b>Ε. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	96
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	101
<b>1. ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΥΛΛΕΓΤΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ 1-5</b> .....	101
1.1 Πίνακας 22 περιοχή 1.....	101
1.2 Πίνακας 23 περιοχή 2.....	101
1.3 Πίνακας 24 περιοχή 3.....	103
1.4 Πίνακας 25 περιοχή 4.....	104
1.5 Πίνακας 26 περιοχή 5.....	104
2. Πίνακας 27 Αποτελέσματα εδαφολογικής ανάλυσης υποστρωμάτων.....	107
3. Πίνακας 28 Αποτελέσματα μέτρησης συντεταγμένων και αποστάσεων.....	109
4. Πίνακας 29 Αποτελέσματα έρευνας James Ross στο Νότιο Μαλιακό κόλπο.....	110



## A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### A.1. Στοιχεία βιολογίας και οικολογίας του είδους *Pinna nobilis*

Το είδος *Pinna nobilis* (fan mussel, πίννα) είναι το μεγαλύτερο περιόμορφο δίθυρο και ενδημεί στη Μεσόγειο. Ανήκει στην οικογένεια *Pinnidae* και στο γένος *Pinna*. Μπορεί να φτάσει μέχρι τα 120cm μήκος (Katsanevakis 2006). Έχει τριγωνικό σχήμα και δύο ίσες θυρίδες με ευρείες πλευρικές επιφάνειες (εικόνα 1), μια μορφή στην οποία οφείλεται το ιδιωματικό όνομα της «μύδι ανεμιστήρας» (*fan mussel*) (Garcia et al 2007b). Ζούν μερικώς θαμμένα μέσα στο υπόστρωμα (εικόνα 3) (Richardson et al, 2004) και το υπόστρωμα καλύπτει το 1/5 (Richardson et al, 1999) έως και το 1/3 (Garcia et al., 2007b) του συνολικού ύψους του οστράκου, ανάλογα με τον τύπο του υποστρώματος, την πυκνότητά του (coppa et al, 2010), και το μέγεθος του κοχυλιού (Richardson et al., 1999). Όπως και άλλα περιόμορφα δίθυρα στηρίζονται σταθερά στο ιζημα συγκρατούμενα από τα πολυάριθμα νημάτια του βύσσου τα οποία είναι κολλημένα πάνω σε σταθερές δομές όπως πέτρες, κοράλλια, κομμάτια οστράκων και ριζώματα ποσειδωνίας (coppa et al, 2010). Οι πίννες αποικίζουν παραλιακές περιοχές σε βάθη από 0,50 έως 60 m (Garcia et al 2008) κυρίως σε αμμόδη ιζήματα ή σε άμμο αναμεμιγμένη με μικρές ποσότητες λάσπης (Šiletić & Peharda 2003) που καλύπτονται από θαλάσσια λιβάδια *Posidonia oceanica* (Richardson et al., 1999) (εικ.2), *Cymodocea nodosa* (Centoducati et al., 2007), *Marina Zostera* και *noltii Nanzostera* (Katsanevakis, 2006). Μπορεί επίσης να είναι εγκατεστημένα πάνω σε γυμνή άμμο (Rabaoui et al 2007), ή λάσπη (Richardson et al., 1999), κοραλλένια στρώματα (Garcia-et al., 2008), καθώς και σε χαλικώδη υποστρώματα (coppa et al, 2010) ή μεταξύ λίθων (Garcia-March et al., 2008). Είναι ένα χαρακτηριστικό είδος της ρηχής υποπαλιρροιακής ζώνης (*subtidal*) και τρέφεται διηθώντας τις αιωρούμενες στο νερό θρεπτικές ουσίες, μέσω του ανοίγματος των θυρίδων στο οπίσθιο άκρο του σώματος (εικόνα.2). Οι διατροφικές πηγές περιλαμβάνουν κατά σειρά σημαντικότητας τα επίφυτα της επιφάνειας του οστράκου, τις αιωρούμενες οργανικές ουσίες στο νερό, τις οργανικές ουσίες του ιζήματος, και κομμάτια χλόης (John Davenport et al., 2011).



Εικ. 1 Νεαρή πίννα (φωτο. Ross.J)

Εικ. 2 Ζωντανή πίννα ανάμεσα σε χλωρίδα *P.oceanica* με ανοιχτές θυρίδες (Garcia 2006, protocol study of pinna nobilis)

Η πίννα είναι ένα μακρόβιο είδος. Μπορεί να ζήσει μέχρι και 20 έτη (Richardson C. A. 1999), αν και οι Galinou-Mitsoudi et al (2006) στη Χαλκιδική ανακάλυψαν ένα άτομο ηλικίας 27 ετών. Η αποκόλληση του κοχυλιού από το υπόστρωμα υπό την επίδραση των κυμάτων είναι ένα σημαντικό αίτιο φυσικής θνησιμότητας (García-March et al. 2007a, b), όπως επίσης και οι θαλάσσιοι θηρευτές. Τα είδη *Gilthead bream* και *Sparus aurata* της οικογένειας *Sparidae* καθώς και το κοινό χταπόδι *Octopus vulgaris* της οικογένειας *Octopodidae*, αντιπροσωπεύουν φυσικούς κινδύνους για τα *Pinna nobilis* (García-March et al., 2007a,b, Addis et al., 2010), αλλά και άλλα είδη *Sparidae* και ψάρια από άλλες οικογένειες, καβούρια και σαρκοφάγα μαλάκια μπορούν να θηρεύσουν νεαρά άτομα πιννών (Katsanevakis, 2007a).

Ο ρυθμός αύξησης τους είναι ένας από τους υψηλότερους μεταξύ όλων των διθύρων. Ο Katsanevakis (2007b) κατέγραψε ρυθμούς ανάπτυξης έως 1mm την ημέρα. Κατά την διάρκεια των 3 πρώτων ετών λαμβάνει χώρα μια γρήγορη φάση ανάπτυξης ενώ τα επόμενα έτη παρουσιάζεται μια αρκετά μεγάλη κάμψη του ρυθμού αύξησης (Katsanevakis, 2006). Η ανάπτυξη των κοχυλιών ακολουθεί μια περιοδικότητα κατά τη διάρκεια του έτους με μια εκτεταμένη φάση πολύ αργής αύξησης μεταξύ τέλους φθινοπώρου και αρχών της άνοιξης και μιας φάσης γρήγορης ανάπτυξης από νωρίς την άνοιξη έως τις αρχές του καλοκαιριού (Katsanevakis, 2007b).

Η αναπαραγωγή των πιννών τελείται με εξωτερική γονιμοποίηση και η επιτυχία της εξαρτάται από την εγγύτητα άλλων ατόμων που ωοτοκούν συγχρόνως. Όταν ο

πληθυσμός αραιώνει - όπως συμβαίνει με τους περισσότερους πληθυσμούς πιννών στη Μεσόγειο - τα ποσοστά αποτυχίας της γονιμοποίησης γίνονται ένα κρίσιμο σημείο για την επιβίωση του είδους. Το προνυμφικό στάδιο διαρκεί 5-10 ημέρες (Corra et al, 2010). Η εγκατάσταση των νεαρών ατόμων πραγματοποιείται κυρίως κατά το τέλος του καλοκαιριού και τις αρχές του φθινοπώρου (Richardson et al., 1999; Katsanevakis, 2007b). Η γνώση για την θνησιμότητα κατά την διάρκεια των διαφόρων φάσεων της οντογένεσης είναι λιγοστές, για παράδειγμα δεν υπάρχουν στοιχεία διαθέσιμα για τους ρυθμούς επιβίωσης των πλαγκτονικών σταδίων, παρόλαυτά υπάρχουν πληροφορίες για την μείωση του ποσοστού θνησιμότητας των μεταλαρβικών σταδίων με την πρόοδο του ηλικίας, οφειλόμενη στη χαμηλότερη ευπάθεια των μεγάλων ατόμων απέναντι στους θηρευτές (Garcia-March et al., 2007b) .

Η μεγάλης κλίμακας μετακίνηση των πιννών είναι απίθανη εξαιτίας της ισχυρής σύνδεσής τους με το υπόστρωμα μέσω των σκληρών νηματίων του βύσσου, ωστόσο τα μεγαλύτερα άτομα εισχωρούν πιο βαθιά στο υπόστρωμα από ότι τα μικρότερα. Αυτό καταδεικνύει είτε ότι οι πίννες βυθίζονται παθητικά στο υπόστρωμα με την πρόοδο της ηλικίας και της αύξησης του μεγέθους και του βάρους, είτε ότι υπάρχει μια προοδευτική συγκέντρωση του ιζήματος, ή ότι οι πίννες κατέχουν μια περιορισμένη δυνατότητα για μετακίνηση. Παρατηρήσεις έχουν δείξει ότι οι πίννες μπορούν επιτυχώς να επανεγκατασταθούν μετά από απόσπαση τους από το φυσικό βιότοπό τους (Richardson et al 1999)



Εικ. 3 Ενήλικη πίννα σε χαλικώδες υπόστρωμα με ευδιάκριτα επίφυτα στην επιφανεία της (φωτο: [www.secretdalmatia.wordpress.com](http://www.secretdalmatia.wordpress.com))

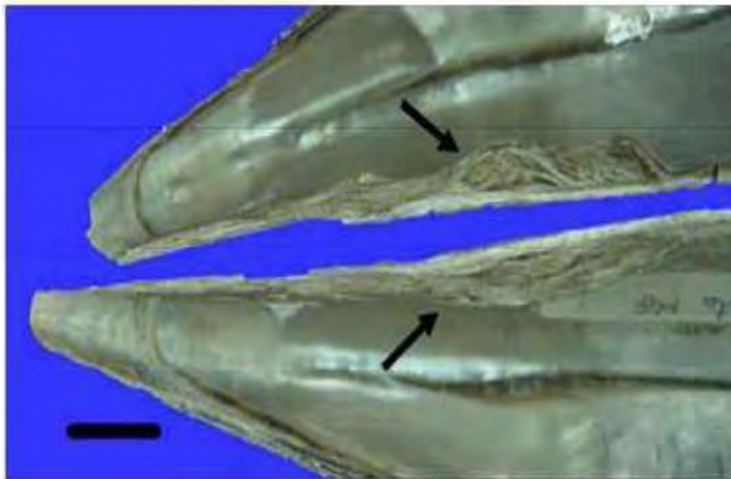
Η εξωτερικά σκληρή επιφάνεια του οστράκου των πιννών αποτελεί ένα ιδανικό υπόστρωμα πάνω στο οποίο αναπτύσσονται και ζουν συμβιωτικά διάφορα είδη θαλάσσιας χλωρίδας και πανίδας (εικόνα 3), τα οποία συγκροτούν από κοινού μια βιοκοινότητα μαζί με τις πίννες και επωφελούνται αμοιβαία μεταξύ τους (Rabaoui et al 2009., Addis et al 2009., Siletic & Peharda 2003). Οι πίννες ζουν επίσης συμβιωτικά με δυο είδη δεκάποδων τη μικρή γαρίδα *Pontonia pinnophylax* (εικόνα 4), και το καβούρι *Nepinnotheres pinnotheres*, τα οποία διαβιούν στο εσωτερικό του οστράκου. Τα δυο αυτά δεκάποδα προστατεύονται μέσα στο όστρακο της πίννας και σαν ανταπόδοση την προειδοποιούν για την ύπαρξη εξωτερικών κινδύνων «τσιμπώντας» την στον μανδύα, έτσι η πίννα κλείνει τις ανοικτές θυρίδες και προφυλάσσεται. Έρευνα ανέδειξε την ύπαρξη *Pontonia pinnophylax* σε ένα ποσοστό 23,3% επί των δειγμάτων πιννών, όπου κυριαρχούσαν τα αρσενικά άτομα 63,6% και την ύπαρξη *Nepinnotheres pinnotheres* σε ποσοστό 56,7% και 62,5% αναλογία αρσενικών, μάλιστα τα καβούρια συμβίωναν με τις πιο μεγαλύτερες σε μέγεθος πίννες, ενώ όσο μεγαλύτερο ήταν το όστρακο τόσο μεγαλύτερο ήταν και το αντίστοιχο δεκάποδο. (Rabaoui, et al, 2009)



Εικ.4. Δεκάποδο του είδους *Pontonia pinnophylax* μέσα σε όστρακο πίννας (www.photosous-marine.com)

Ένα ανατομικό στοιχείο των πιννών που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι ο βύσσος. Τα νημάτια του βύσσου εξέρχονται από το πρόσθιο άκρο των θυρίδων (εικόνα 5). Είναι πολυάριθμα και ένα ενήλικο άτομο έχει συνήθως περισσότερα από 20.000 νημάτια που συνδέονται με το υπόστρωμα. Αυτά τα νημάτια, περίπου 25 εκατοστά σε μήκος, δεν είναι μόνο κολλημένα σε μικρά μόρια, στις ρίζες και στα ριζώματα της

ποσειδωνίας, αλλά είναι και κολλημένα μεταξύ τους και με τις ρίζες και τα συγκρίματα του υποστρώματος, έτσι ώστε να συνεχίζεται η λειτουργία της στήριξης του οστράκου και αν ακόμα χαθεί η σύνδεση με τις ρίζες της ποσειδωνίας ή με τις άλλες σταθερές δομές (García-March, 2006b). Όλοι αυτοί οι συνδυασμένοι παράγοντες παρέχουν στις πίννες μεγάλη δύναμη αντίστασης απέναντι στις υδροδυναμικές πιέσεις, που η μέγιστη τιμή της έχει υπολογιστεί περίπου στα 45 *Newtons* (García-March et al, 2007a). Τα νημάτια του βύσσου είναι πλούσια σε πρωτεΐνες και αντέχουν στην αλκοόλη και στον αιθέρα αλλά καταστρέφονται όταν βράζονται σε αλκαλικό διάλυμα (<http://www.zjff.net>). Ο βύσσος δεν απολιθώνεται, αλλά στα χείλη του οστράκου από όπου εξέρχεται σχηματίζεται εγκοπή οπότε και αναγνωρίζεται η παρουσία του στα απολιθωμένα δίθυρα ([www.geo.auth.gr](http://www.geo.auth.gr)).



Εικ. 5 Πρόσθιο τμήμα θυρίδας *P.nobilis*. Τα μαύρα βέλη δείχνουν την οπή εξόδου των νημάτων του βύσσου (Garcia et al 2006 protocol study of *Pinna nobilis*)

## A.2. Οι πίννες στη ζωή του ανθρώπου

Η χρησιμότητα των πιννών και των υποπροϊόντων τους είναι γνωστή από την αρχαιότητα τόσο για την εκμετάλλευση του βύσσου και των κελυφών όσο και για τη χρήση της σάρκας τους για διατροφή. Το υλικό του βύσσου ή «μετάξι της θάλασσας» όπως αποκαλείται είναι πολύ ανθεκτικό και σχεδόν άφθαρτο, ελαφρό σαν πούπουλο, και θερμό. Προσβάλλεται παρολαυτά από το σκώρο και καταστρέφεται όταν βράζεται σε αλκαλικό διάλυμα. Τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα του βύσσου λαμπυρίζουν σαν το χρυσάφι και είναι τόσο απαλά και λεπτά όσο ο ιστός μιας αράχνης. Οι ίνες του βύσσου

πλένονται, τρίβονται μεταξύ των χεριών και χτενίζονται με μια λεπτή χτένα. Οι ίνες μετά μπορούν να στριφτούν, να υφανθούν, να χρησιμοποιηθούν για κέντημα, ή μπορούν να γίνουν ένα είδος γούνας (<http://www.zjff.net>).

Οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν τα νημάτια του βύσσου για να υφάνουν φορέματα εσάρπες και γάντια. Μερικοί πιστεύουν ότι ήταν η πρώτη ύλη από την οποία κατασκευάστηκε το χρυσόμαλλο δέρας του Ιάσωνα. Στη Μάλτα έχει χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή φαρμακευτικών ουσιών. Στις περιοχές της Νότιας Ιταλίας και της Μάλτας οι θυρίδες χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή κουμπιών. Θεωρείται επίσης από πολλούς ένα νόστιμο έδεσμα και είχε μεγάλη κατανάλωση κατά τη διάρκεια του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου ([www.hcmr.gr](http://www.hcmr.gr)). Στο όστρακο της πίννας σπάνια σχηματίζονται μαργαριτάρια τα οποία όμως δεν έχουν ιδιαίτερη οικονομική αξία (<http://el.wikipedia.org>).

#### **A.2.1 Διακύβευση και προστασία του είδους *Pinna nobilis* και των βιοτόπων του.**

Οι πληθυσμοί των πιννών έχουν μειωθεί σημαντικά τις τελευταίες 2-3 δεκαετίες (Gentoducati et al 2007). Η μείωση των πληθυσμών σύμφωνα με εκτιμήσεις από το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε (<http://www.hcmr.gr>) θα πρέπει να αποδοθεί:

- 1) Στη μείωση των λιβαδιών *Posidonia oceanica* εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας (κατασκευή λιμανιών, δημιουργία πλαζ κλπ.)
- 2) Στη ρύπανση των νερών από βιομηχανικά απόβλητα ή/και αστικά λύματα, που σκοτώνουν τις προνύμφες και μειώνουν την ετήσια παραγωγή του είδους
- 3) Στις άγκυρες των σκαφών που σέρνονται στον πυθμένα αβαθών περιοχών και σπάνε τα κελύφη, καθιστώντας τα ζώα έτσι πιο ευάλωτα στους θηρευτές τους.
- 4) Στην αλιεία από ερασιτέχνες είτε για κατανάλωση είτε για το εμπόριο των θυρίδων ως διακοσμητικών
- 5) Στην αλιεία με συρόμενα εργαλεία (δίχτυα τρατών, γρι-γρι, κλπ.) που παρασύρουν ή σπάζουν τα όστρακα του βυθού, καταστρέφοντας παράλληλα και την χλωρίδα.



Στην εντατική τους αλιεία με σκοπό την πώληση για τουριστικούς λόγους, ακόμα και για να χρησιμοποιηθούν ως πιάτα για να σερβιριστούν ψάρια, έχει υπολογιστεί μόνο στη Γιουγκοσλαβία σε μια ετήσια βάση 5 τόνων (ΕΛΚΕΘΕ).

Το είδος του θαλάσσιου φυτού *P. oceanica* είναι επίσης ένα διακυβευόμενο είδος και είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με τους πληθυσμούς των πιννών (Hendriks I. E. et al 2011). Το θαλάσσιο φυτό *Posidonia oceanica* (ή στην κοινή ελληνική του ονομασία Ποσειδωνία) σχηματίζει σημαντικά και ιδιαίτερα παράκτια οικοσυστήματα για τους πληθυσμούς πιννών στη Μεσόγειο θάλασσα. Απομεινάρια του φυτού αυτού είναι τα χαρακτηριστικά ξερά φύλλα σαν μακριές καφετί σερπαντίνες που ξεβράζονται από τα κύματα και παρατηρούνται κατά σωρούς στις παραλίες (εικόνα 7). Είναι ένα φανερόγαμο πολυετές φυτό, και η επαρκής διείσδυση του φωτός στο βυθό, καθορίζει και τη βαθυμετρική του κατανομή από 2-3μ. ως και 50μ βάθος. Τα λιβάδια των θαλάσσιων φανερογάμων παράγουν οργανική ύλη, οξυγόνο, σταθεροποιούν τα ιζήματα, και προσφέρουν ιδανικούς βιότοπους για τους ιχθυοπληθυσμούς ([www.cretaquarium.gr](http://www.cretaquarium.gr)), αλλά και για το μαλάκιο του είδους *P. nobilis*. Το είδος *Posidonia oceanica* είναι ενδημικό της Μεσογείου. Στην Μεσόγειο αλλά και στις Ελληνικές θάλασσες υπάρχουν και άλλα είδη φανερογάμων - στα λιβάδια των οποίων απαντάται το είδος *P. nobilis* (Rabaoui et al 2007) - όπως τα *Zostera marina*, *Zostera noltii* *Cymodocea nodosa*. Οι ρυθμοί αύξησης ενός λιβαδιού ποσειδωνίας είναι εξαιρετικά αργοί (2cm/έτος). Μια τούφα που ξεριζώνεται από μια άγκυρα πλοίου δημιουργεί ένα κενό που αναπληρώνεται σε δεκαετίες, ενώ ένα λιβάδι σε αιώνες.. Τα λιβάδια ποσειδωνίας έχουν ελαττωθεί σημαντικά τον 20ο αιώνα κατά 20-30%. κυρίως λόγω των λιμενικών έργων, της χρήσης συρόμενων αλιευτικών εργαλείων, του ευτροφισμού και της χημικής ρύπανσης. Έτσι ένας οικότοπος εκατομμυρίων ετών στη Μεσόγειο απειλείται, και η ανάκαμψή του είναι αβέβαιη αφού προϋποθέτει εκατοντάδες χρόνια αδιατάρακτης ύπαρξης (<http://www.cretaquarium.gr>, Ελκεθε).

Με την αραίωση όμως των λιβαδιών ποσειδωνίας, επηρεάζεται ταυτόχρονα και η παρουσία των πιννών, καθώς η επιβίωση τους, και δη των μικρότερων ατόμων, εξαρτάται σε ένα μεγάλο βαθμό από την συνύπαρξη με αυτά τα θαλάσσια λιβάδια (Hendriks et al 2011)(εικόνα 6)



Εικ.6 Πίννα καλύπτεται ανάμεσα σε *P. oceanica* Εικ.7 Νεκρά φύλλα και ριζώματα ποσειδωνίας  
(Φωτο από [www.cretaquarium.gr](http://www.cretaquarium.gr)) εκβρασμένα σε ακτή ([www.cretaquarium.gr](http://www.cretaquarium.gr))

Με σκοπό λοιπόν την πρόληψη της εξαφάνισης και τη διατήρηση αυτών των απειλούμενων ειδών, τα *Pinna nobilis* όπως και τα λιβάδια *Posidonia oceanica* έχουν συμπεριληφθεί σε ειδική οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 92/43/ΕΟΚ (Annex IV), για την προστασία των φυσικών βιοτόπων και της άγριας χλωρίδας και πανίδας που προβλέπει την θεσμοθέτηση ευρωπαϊκού δικτύου περιοχών ειδικής περιβαλλοντικής διαχείρισης, γνωστό ως NATURA-2000. Επίσης αυτό το είδος προστατεύεται από το ειδικό Μεσογειακό πρωτόκολλο προστατευόμενων περιοχών (95/96 SPA ANNEX II). Το 2006 η Ε.Ε. με τον Κανονισμό 1967/2006 θέσπισε αυστηρά μέτρα προστασίας των περιοχών με θαλάσσια φανερόγαμα (*Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zoostera marina* και *Zoostera noltii*) σε σχέση με αλιευτικές δραστηριότητες, και απαγορεύει την αλιεία με «δίχτυα τράτας, δράγες, γρι-γρι, γρίπους συρόμενους από σκάφος, πεζότρατες ή παρόμοια δίχτυα πάνω από βυθούς με θαλάσσια βλάστηση, ιδίως *Posidonia oceanica*, ή άλλων θαλάσσιων φανερόγαμων (εκτός των περιπτώσεων που τα συγκεκριμένα αλιευτικά εξαρτήματα δεν αγγίζουν τον βυθό). Ιδιαίτερα μάλιστα ο Κανονισμός αυτός εφαρμόζεται στις περιοχές του δικτύου Natura 2000 ([www.cretaquarium.gr](http://www.cretaquarium.gr)). Στη χώρα μας η προστασία του είδους *Pinna nobilis* έχει ενταχθεί στη νομοθεσία με το Προεδρικό Διάταγμα 67/1981 (Katsanevakis et al. 2008).

Παρολαυτά οι πληθυσμοί των πιννών συνεχίζουν να μειώνονται και κυρίως λόγω της παράνομης αλιείας (Katsanevakis et al. 2008). Η πτώση των πληθυσμών είναι δραματική σε ορισμένες περιοχές που ερευνήθηκαν, για παράδειγμα αφθονία με πυκνότητα  $15 \pm 16$  άτομα /  $100\text{m}^2$  να μειωθεί στο ένα άτομο /  $100\text{m}^2$  μέσα σε ένα χρόνο (Garcia March et al 2002).



Υπάρχουν πολλές μελέτες που έχουν γίνει έως τώρα για το είδος δίθυρου μαλακίου *Pinna nobilis*. Η επιτακτική ανάγκη για την προστασία και τη διατήρηση του, επιβάλλουν τη διενέργεια περισσότερων ερευνών με στόχο την συλλογή στοιχείων για την γνώση της οικολογίας και βιολογίας αυτού του δίθυρου που θα βοηθήσουν στη λήψη και εφαρμογή κατάλληλων μέτρων για την εξασφάλιση της διαίωνισης του είδους.

### A.3 Προηγούμενες μελέτες για το είδος *P.nobilis*

Διάφορες επιστημονικές, και μη, μελέτες έχουν εκπονηθεί στην προσπάθεια να διευρυνθεί το πεδίο γνώσεων για το είδος δίθυρων μαλακίων *P.nobilis*. Οι Addis et al (2009) αναφέρουν ότι υπάρχουν 30 μελέτες από το 1978 ως το 1992 (πριν από τη λήψη των προστατευτικών μέτρων) και 42 από το 1992 ως το 2007 (μετά από την εισαγωγή της οδηγίας 92/43/ΕΟΚ Annex IV, για την προστασία των βιοτόπων), σύμφωνα με στοιχεία που αντλήθηκαν από τα αρχεία της *Aquatic Science and Fisheries Abstracts database (ASFA)* και των Ζωολογικών αρχείων (πίνακας 1). Οι περισσότερες από αυτές τις έρευνες που αφορούν στα διάφορα γνωστικά πεδία για το είδος *Pinna nobilis* είναι περιγραφικές, ενώ λιγότερες είναι οι πειραματικές. Επιπλέον αυτές οι έρευνες έχουν εστιασθεί αποκλειστικά σε διάφορες παράκτιες περιοχές της Μεσογείου με 30 από αυτές να έχουν πραγματοποιηθεί στη Γαλλία, 16 στην Ισπανία, 5 στην Ιταλία, 4 στην Ελλάδα, 3 στην Κροατία, 1 στην Τυνησία και 13 σε άγνωστα σημεία. Η επέκταση των ερευνών και σε άλλες περιοχές, όπως σε νησιά και σε χώρες της βορείου Αφρικής, είναι απαραίτητες για την λήψη μιας συνολικής εικόνας για αυτό το ενδημικό είδος διθύρου της Μεσογείου (Addis et al 2009).

Πιν. 1 Αριθμός ερευνών για το είδος *P.nobilis*, στα διάφορα ερευνητικά πεδία

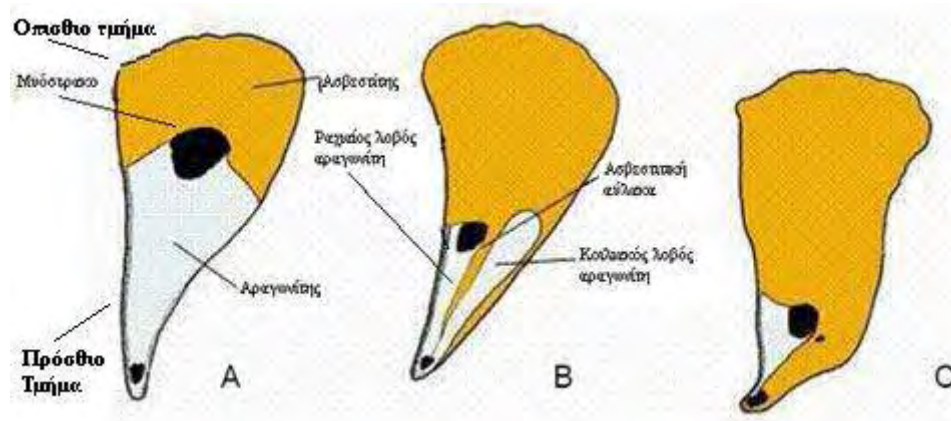
Πηγές: ASFA; Αρχεία Ζωολογίας; 1978-2007 (Addis et al 2009)

Ερευνητικά πεδία	Αριθμός μελετών
Οικολογία	18
Φυσιολογία	4
Βιοχημεία	16
Μελέτες πληθυσμών	10
Αύξηση	5
Βιοσυσσωρευση	4
Αναπαραγωγή	2
Σχέσεις με χλωρίδα & πανίδα	6
Προστασία	2
Βιομετρία	2
Εγκατάσταση οστράκων	2
Παλαιοντολογία	1

Στη συνέχεια εστιάζονται ορισμένα από αυτά τα ξεχωριστά ερευνητικά πεδία με σκοπό να διαφωτιστούν κατά το δυνατό οι πτυχές και το επίπεδο εξέλιξης των διαφόρων γνωστικών αντικειμένων που αφορούν σε αυτό το απειλούμενο είδος διθύρου.

### A.3.1 Μελέτες Βιοχημείας - Βιοανοργανοποίηση του οστράκου των πιννών (*biomineralization*)

Το όστρακο των μαλακίων αποτελείται από δυο κύρια στρώματα. Ένα εξωτερικό, που διαμορφώνεται από ασβεστίτη, με μια μικροδομή από ασυνήθιστα μεγάλα (c.1mm) κανονικά ασβεστιτικά πρίσματα, και ένα εσωτερικό στρώμα δομημένο από μαργαρώδες αραγωνίτη (nacre) (Garcia et al protocol 2006). Ο ασβεστίτης και ο αραγωνίτης είναι οι δυο μορφές κρυστάλλωσης του ανθρακικού ασβεστίου, και η κογχυολίνη είναι μία οργανική ουσία πρωτεϊνικής σύστασης που συνδέει τους κρυστάλλους μεταξύ τους ([www.geo.auth.gr](http://www.geo.auth.gr)). Η ποσότητα της κογχυολίνης που περιέχεται στο ασβεστιτικό στρώμα είναι πολύ υψηλή και παρέχει μεγάλη ευελιξία στην επέκταση του οπίσθιου τμήματος του οστράκου. Το αραγωνιτικό στρώμα είναι σκληρό και αυξάνει σε πλάτος προς την πρόσθια κατεύθυνση του οστράκου. Στο όστρακο των πιννών υπάρχει μια αύλακα από ασβεστίτη που χωρίζει το αραγωνιτώδες στρώμα σε έναν κοιλιακό και έναν ραχιαίο λοβό (Garcia et al protocol 2006). Στην εικόνα 8 φαίνεται η διανομή του ασβεστίτη και αραγωνίτη στο όστρακο τριών διαφορετικών ειδών πιννιδών.



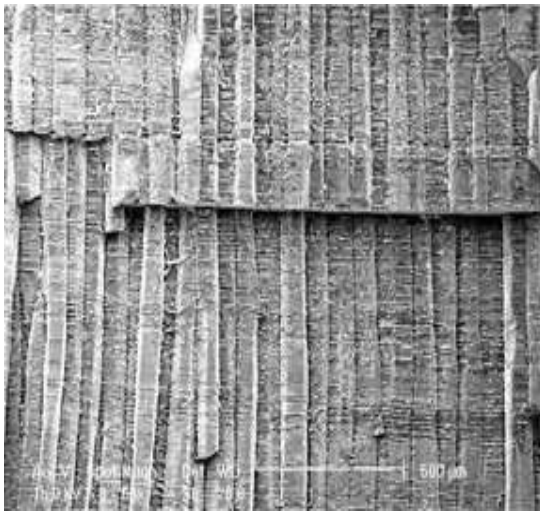
Εικ. 8 Προέκταση ασβεστίτη στο όστρακο διαφόρων πιννιδών.  
A, *Atrina*. B, *Pinna*. C, *Streptopinna*. ( Garcia et al 2006 protocol)

Το κέλυφος των μαλακίων είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα φυσικού σύνθετου βιολογικού υλικού, που συντίθενται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Πολλοί το θεωρούν ως πρότυπο, στην προσπάθεια να αναπτύξουν με χαμηλό κόστος νέα βιομιμητικά υλικά υψηλών μηχανικών ιδιοτήτων. Η ιδιαίτερη αντίσταση των κοχυλίων στο σπάσιμο οφείλεται σε μια οργανική μεσοκυττάρια ουσία, η οποία συνδέεται στενά με μια

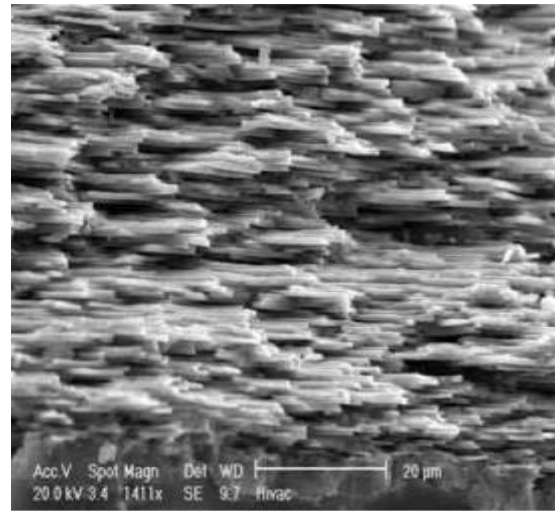
ανόργανη φάση. Αυτή η μεσοκυττάρια μήτρα ρυθμίζει την αύξηση του κρυστάλλου, επιτρέποντας τον σχηματισμό φύτρων κρυσταλοποίησης μόνο όπου απαιτείται, ευνοώντας την επιμήκυνση του κρυστάλλου σε προνομιούχες κατευθύνσεις, και με την παρεμπόδιση της ανεξέλεγκτης αύξησής τους. Αυτή η μεσοκυττάρια ουσία είναι ένα μίγμα γλυκοπρωτεϊνών και πολυσακχαριτών, η αρχική δομή και η λειτουργία της οποίας είναι ανεπαρκώς γνωστή. Οι πίννες είναι ένα από τα λίγα μαλάκια για τα οποία τα μοριακά στοιχεία όσον αφορά τις πρωτεΐνες των κοχυλιών τους, είναι διαθέσιμα. (Frederic Marin & Gilles Luquet 2005).

Τα περισσότερα από τα μαλάκια έχουν αναπτύξει έναν άκαμπτο ασβεστίτικο εξωσκελετό - το όστρακο - για να προστατευτούν από περιβαλλοντικές πιέσεις και από τους θηρευτές. Το όστρακο είναι μια όργανο-ανόργανη κατασκευή, στην οποία η ανόργανη φάση αντιπροσωπεύει συνήθως περισσότερο από το 95% του βάρους, και το οργανικό μέρος, λιγότερο από 5%. Εντούτοις, αυτό το μικρό ποσό του οργανικού υλικού είναι επαρκές για να βελτιώσει κατά πολύ την αντίσταση των κοχυλιών στη θραύση. Η κατασκευή του κελύφους αρχίζει από νωρίς στη ζωή ενός μαλακίου, και η αύξηση των κοχυλιών είναι λίγο πολύ συνεχής μέχρι το θάνατο του οργανισμού. Κατά την περίοδο των νεαρών μαλακίων - στάδιο τροχοφόρων προνυμφών - η κατασκευή των κελυφών αρχίζει με το σχηματισμό μιας οργανικής μεμβράνης, η οποία παρέχει την υποστήριξη για μια αρχική φάση ανοργανοποίησης, σε μερικές περιπτώσεις αποτελεί ένα άμορφο ανθρακικό άλας ασβεστίου. Αργότερα, κατά τη διάρκεια της οντογένεσης, αυτή η οργανική μεμβράνη γίνεται το περιστρακο, δηλαδή το δερματοειδές εξωτερικό στρώμα του κοχυλίου. Στα ενήλικα άτομα, η αύξηση λαμβάνει χώρα στις παρυφές του κοχυλίου, σε ένα μικρό διάστημα που σφραγίζεται από το περιστρακο και τον ασβεστοποιημένο μανδύα. Τα επιθηλιακά κύτταρα του ασβεστοποιημένου χιτώνα απελευθερώνουν όλες τις πρόδρομες ουσίες για την ανοργανοποίηση δηλαδή τα ανόργανα ιόντα, κυρίως ασβέστιο και διττανθρακικά άλατα, τα οποία απελευθερώνονται ενεργά από το κυτταρόπλασμα με τις αντλίες ιόντων, και τα οργανικά συστατικά της μεσοκυττάριας ουσίας του κοχυλίου, τα οποία εκκρίνονται με εξωκυττάρωση. Αυτά τα οργανικά μακρομόρια αποτελούνται από ένα μίγμα πρωτεϊνών, γλυκοπρωτεϊνών, όξινων πολυσακχαριτών, και χιτίνης. Στο υπερκορεσμένο εξωκυτταρικό υγρό οι ουσίες αυτές αλληλεπιδρούν με τα ανόργανα ιόντα. Το τελικό προϊόν, το όστρακο, είναι ένας σχηματισμός από ανόργανα στρώματα αραγωνιτη η ασβεστίτη, τα οποία παρουσιάζουν

διαφορετικές μικροδομές (Frederic Marin & Gilles Luquet 2005) (εικόνες 9,10 από Garcia 2006 protocol).



Εικ.9 Ασβεστιτικά πρίσματα στο εξωτερικό στρώμα του οστράκου



Εικ. 10 Φύλλα αραγωνίτη στο εσωτερικό στρώμα του οστράκου. Στο κάτω μέρος της εικόνας διακρίνεται στρώμα μυοστράκου

Δεδομένου ότι οι πρωτεΐνες των κοχυλιών είναι οι βασικοί ρυθμιστές της ανοργανοποίησης, μια ιδιαίτερη προσπάθεια έγινε την τελευταία δεκαετία για να αποκαλυφθεί η δομή τους. Οι πρωτεΐνες των οστράκων προσφέρουν διάφορες ελπιδοφόρες εφαρμογές στη βιοτεχνολογία. Μεταξύ αυτών, τη σύνθεση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος βιομημητικών όργανο-ανόργανων υλικών υψηλών μηχανικών ιδιοτήτων χρήσιμων στις χειρουργικές επεμβάσεις, για ορθοπεδική και οδοντιατρική αντικατάσταση. Μια άλλη πιθανή εφαρμογή είναι η χρήση των πρωτεϊνών αυτών ως μια νέα γενεά βιοενεργών παραγόντων, χρήσιμων για την αναγέννηση ιστών, όπως για παράδειγμα την αναγέννηση και επισκευή οστών. Πρόσφατα συμπεράσματα έχουν δείξει ότι οι πρωτεΐνες των κοχυλιών των μαλακίων εμπλέκονται στις διαδικασίες εποίκισης και διαφοροποίησης των κυττάρων, και στην ενεργοποίηση τους για να παράξουν ανόργανους ιστούς. Η θεμελιώδης γνώση των πρωτεϊνών των κοχυλιών έχει οδηγήσει επίσης στη χρήση τους ως παραγόντων φυσικής βιοδιάσπασης, και αντιρρύπανσης, όπως και στη βιομηχανία σφαιρικών μαργαριταριών, ως βελτιωτών της ποιότητας τους (Frederic Marin & Gilles Luquet 2005).

Οι πίννες, είναι ένα καλό πρότυπο για τη μελέτη της βιοανοργανοποίησης αυτής καθ' εαυτής, αλλά και για την ανάπτυξη χρήσιμων εφαρμογών. Οι Frederic Marin et al

(2005), έκαναν μια έρευνα σε μοριακό επίπεδο, μελετώντας τα μακρομοριακά συστατικά του κοχυλιού των *P.nobilis* και περιέγραψαν τρεις πρωτεΐνες. Η πρώτη, η «mucoperlin», είναι ειδική πρωτεΐνη του εσωτερικού αραγωνιτώδους στρώματος. Οι δύο άλλες πρωτεΐνες, η κασπαρτίνη (*caspartin*) και η καλπρύσμη (*calprismín*), λήφθηκαν άμεσα από το εξωτερικό πρισματικό στρώμα ασβεστίτη, και η πρωτεΐνη «caspartin» χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή πολυκλωνικών αντισωμάτων, τα οποία επέτρεψαν στη συνέχεια να εντοπιστεί η πρωτεΐνη αυτή στο κοχύλι. Επιπλέον, έγιναν περαιτέρω εξετάσεις για να ερευνηθεί η δυνατότητα της «caspartin» να τροποποιεί τις μορφές των κρυστάλλων  $\text{CaCO}_3$ , και δείχθηκε ότι αυτή η πρωτεΐνη αλληλεπιδρά με την *in vitro* καθίζηση του άλατος ανθρακικού ασβεστίου (Frederic Marin et al 2005).

Αυτές οι πρωτεΐνες είναι διαφορετικές, και δεν ανήκουν στην ίδια οικογένεια. Η πρωτεΐνη 17-kDa της δομής των πρισμάτων, η «caspartin», είναι μια χαρακτηριστική πλούσια σε ασπαραγίνη πρωτεΐνη. Τέτοιες πρωτεΐνες έχουν μια βασική συμμετοχή στη βιοανοργανοποίηση, δεδομένου ότι ενεργούν ως πρότυπα για την παραγωγή κρύσταλλων άλατος ανθρακικού ασβεστίου όταν προσροφούνται σε ένα στερεό υπόστρωμα, ή εμποδίζουν την ανάπτυξη κρυστάλλων όταν είναι ελεύθερες στο διάλυμα. Αυτές οι πρωτεΐνες είναι ιδιαίτερα δύσκολο να απομονωθούν, και γενικά δεν χρωματίζονται καλά στα πηκτώματα της PCR. Κατά συνέπεια, πολύ λίγες από αυτές τις πρωτεΐνες είναι μέχρι σήμερα, γνωστές. Το ποιο χαρακτηριστικό μέλος είναι η πρωτεΐνη MSP-1, που ανακτάται από τα ασβεστιτικά φύλλα των οστράκων. Η πρωτεΐνη RP-1 είναι επίσης ένα άλλο μέλος αυτής της ομάδας (Frederic Marin et al 2005).

Πρόσφατες βελτιώσεις όμως στη σταθεροποίηση και στις χρώσεις μπορεί πράγματι να επιτρέψουν την απεικόνιση όλων αυτών των πρωτεϊνών στα gell ηλεκτροφόρησης. Η πρωτεΐνη «Calprismín» (38-kDa) της δομής των πρισμάτων είναι όξινη, αν και πολύ λιγότερο από την 17 kDa. Η «Mucoperlin» είναι μια γλυκοσυλιωμένη πρωτεΐνη η λειτουργία της οποίας είναι ακόμα αινιγματική. Επειδή είναι μια ήπια όξινη πρωτεΐνη δεν είναι πιθανόν μια πραγματική «*dnucleatingT*» πρωτεΐνη. Έχει δηχθεί ότι η *Mucoperlin* βρέθηκε γύρω από τα αραγωνιτώδη στρώματα των κοχυλιών, και ότι ήταν απόν από τα ασβεστιτικά πρίσματα. Μπορεί επίσης να εμπλέκεται στη διαμόρφωση της τρισδιάστατης δομής των κοχυλιών, η στις αλληλεπιδράσεις με τα κύτταρα των δομών (Frederic Marin et al 2005).

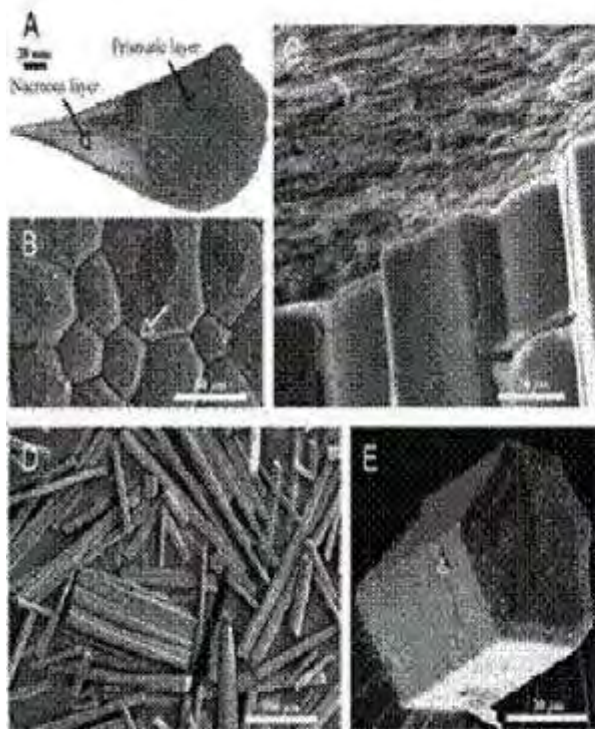
Η μελέτη των Frederic M. et al (2005), βάζει ερωτηματικά για τη μέχρι τώρα αποδεκτή άποψη ότι η διαλυτή δομή εξομοιώνεται με την ενδοκρυσταλλική δομή, και η αδιάλυτη υδρόφοβη δομή με την εξωκρυσταλλική. Τα αποτελέσματα της ανοσοχρωματογραφίας (*immunogold*) καταδεικνύουν κατηγορηματικά ότι δεν ισχύει η παραπάνω άποψη, δεδομένου ότι η διαλυτή πρωτεΐνη 17-kDa είναι και ενδοκρυσταλλική και εξωκρυσταλλική. Σύμφωνα και με άλλα στοιχεία που έχουν δημοσιευθεί, καθίσταται ανάγκη να επαναπροσδιοριστεί η ακριβής εντόπιση των αδιάλυτων και διαλυτών δομών των κοχυλίων. Από τα στοιχεία αυτής της έρευνας των Frederic M. et al (2005), καταδεικνύεται ότι οι μακρομοριακές συναθροίσεις είναι διαφορετικές στα δυο στρώματα των κοχυλίων των πιννών και ότι η «*mucoperlin*» είναι ειδική πρωτεΐνη του μαργαρώδους στρώματος αραγωνίτη. Προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει ότι οι μήτρες που εξάγονται από τα ασβεστίτικά και τα αραγωνίτικα στρώματα των *P.nobilis* περιέχουν ένα κοινό απόθεμα μακρομορίων, και ότι μερικά συστατικά βρίσκονται αποκλειστικά σε ένα από τα δυο στρώματα. Πριν λίγα χρόνια, πειράματα κατέδειξαν ότι οι διαλυτές μήτρες διαδραματίζουν έναν κρίσιμο ρόλο στην επιλογή της πολυμορφίας του άλατος ανθρακικού ασβεστίου, και ότι απαιτούνται επίσης κατάλληλα μικροπεριβαλλόντα από χιτίνη και «*silk fibroin*» τύπου πρωτεΐνες. Εντούτοις, οι μακρομοριακοί παράγοντες που είναι υπεύθυνοι για την αλλαγή της παραγωγικής διαδικασίας από ασβεστίτη σε αραγωνίτη δεν έχουν προσδιοριστεί, ούτε οι παράγοντες που ελέγχουν τις μικροδομές των κοχυλίων (Frederic Marin et al 2005).

Μια θεμελιώδης πτυχή της έρευνας για την βιοανοργανοποίηση κατά τους Frederic M. et al (2007), είναι η κατανόηση των τοπογραφικών σχέσεων μεταξύ των οργανικών και των ανόργανων φάσεων. Ο εντοπισμός των συστατικών των μητρών-δομών γύρω από και μέσα στα βιοανόργανα υλικά των κοχυλίων βοηθά στην κατανόηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ τους, δίνοντας έτσι πληροφορίες για τις πιθανές λειτουργίες των συστατικών αυτών κατά τη διάρκεια της σύνθεσης των κρυστάλλων. Ο ακριβής εντοπισμός των συστατικών των δομών του κοχυλίου είναι κρίσιμος, δεδομένου ότι είναι συνήθως η βάση από την οποία προτείνονται καινούρια μοντέλα ανοργανοποίησης.

Έτσι οι ίδιοι ερευνητές Frederic M. et al (2007) περιέγραψαν μια τεχνική για την παρατήρηση των πρωτεϊνών της μεσοκυττάριας ουσίας στην επιφάνεια των κρυστάλλων άλατος ανθρακικού ασβεστίου ή σε εσωτερικές βιοδομές των κοχυλίων. Σύμφωνα με αυτή την τεχνική πρόσφατα αποσπασμένα κομμάτια ανόργανων βιοδομών του κοχυλίου επεξεργάζονται με NaOCl και EDTA και επωάζονται με ένα αντίσωμα ενάντια σε μια



πρωτεΐνη της μεσοκυττάριας ουσίας και στη συνέχεια με ένα δεύτερο αντίσωμα συζευγμένο με κολλοειδή χρυσό (*immunogold*). Τα δείγματα στη συνέχεια παρατηρούνται με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.



Εικ 11 Δομή οστράκου *P. nobilis*: (Α) Μακροσκοπική άποψη εσωτερικής επιφάνειας βαλβίδας από δείγμα 2 ετών, (Β) Ακαθάριστο πρυσματικό στρώμα έσω άποψη. Τα πακνά πρύσματα διατηρούνται μαζί από μια λεπτή διαπρυσματική μήτρα (βέλος), (C) Ζώνη αλλαγής μεταξύ πρυσμάτων (κάτω) και του nacre στρώματος (πάνω), εγκάρσια τομή, (D) Απομονωμένα πρύσματα από ενήλικο άτομο, και (Ε) ένα πρύσμα απομονωμένο με υποχλωριώδες νάτριο. Διακρίνεται η λεπτή στρώματωση κάθετη στους άξονες-*c* του πρύσματος (Frederic Marin et al 2007)

Ανοσολογικές μέθοδοι ανίχνευσης ουσιών έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε διαφορές βιοδομές άλατος ανθρακικού ασβεστίου, όπως σε κοχύλια μαλακίων, και σε σκελετούς κοραλλιών. Δύο μειονεκτήματα των προηγούμενων πειραμάτων ήταν ότι, σε δύο περιπτώσεις, οι προετοιμασίες αντισωμάτων έγιναν από ακατέργαστα μίγματα διαφορετικών συστατικών των μητρών και εάν μιν όχι, αυτές οι προετοιμασίες παρατηρήθηκαν με οπτικό μικροσκόπιο, το οποίο παρέχει περιορισμένες δυνατότητες (Frederic Marin et al 2007). Στην έρευνα των Frederic Marin et al (2007), χρησιμοποιήθηκε μια ανοσολογική χρώση, η οποία υπερνικά αυτά τα τεχνικά εμπόδια. Τα μελετώμενα βιολικά ήταν τα ασβεστιτικά πρίσματα κοχυλίων πιννών από τα οποία η διαλυτή πρωτεΐνη «caspartin», χαρακτηρίστηκε εν μέρη με διαδοχικές ενζυματικές πέψεις. Λήφθηκαν πολυκλωνικά αντισώματα ενάντια στην πρωτεΐνη «caspartin» και χρησιμοποιήθηκαν για την ανίχνευση της στους ιστούς με ανοσοχρωματογραφία (*immunogold*) και τη χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου.

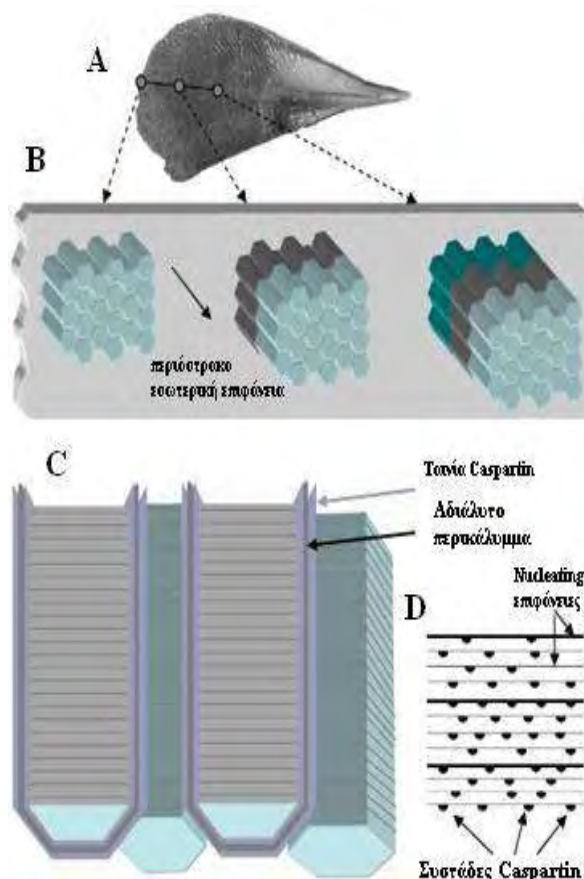


Η μερική ακολουθία που λήφθηκε μετά από πέψη με θρυψίνη αποκάλυψε μια πλούσια σε ασπαραγίνη περιοχή ενώ άλλα πεπτίδια (που παράγονται από τις πέψεις με aspN ή πεψίνη) είναι πιο υδροφοβικά.

Η παρουσία υδροφοβικών περιοχών σε μια όξινη πρωτεΐνη, που εμποδίζει την αύξηση του ανθρακικού άλατος ασβεστίου στο διάλυμα, είναι γνωστή από προηγούμενη έρευνα. Έτσι ενισχύεται η άποψη της ανασταλτικής ικανότητας της «caspartin». Η πρωτεΐνη «caspartin» εντοπίστηκε επίσης και από την ανοσοχρωματογραφία (immunogold). Η τεχνική συνδυάζει την ειδικότητα της αντίδρασης αντιγόνο-αντισωμάτων και τα οφέλη της παρατήρησης σε υψηλή μεγέθυνση. Αυτή η τεχνική παρέχει πολύ σημαντικές πληροφορίες για τις τρισδιάστατες σχέσεις μεταξύ των συστατικών των ανόργανο-οργανικών δομών. Είναι δυνατόν επίσης με το συνδυασμό διαφορετικών αντισωμάτων ενάντια στα διάφορα μακρομόρια των μητρών, να γίνει εφικτή μια χαρτογράφηση των πρωτεϊνών στα παρατηρούμενα βιολικά.

Είναι ευρέως γνωστή η διάκριση των πρωτεϊνών των κοχυλίων σύμφωνα με τη διαλυτότητά τους στο ασβεστοποιημένο διάλυμα. Η μια κατηγορία περιλαμβάνει τις διαλυτές πρωτεΐνες, οι οποίες είναι υδρόφιλες και πλούσιες σε υπολείμματα ασπαρτάμης, και η άλλη τις αδιάλυτες πρωτεΐνες που είναι υδρόφοβες, λόγω του υψηλού περιεχομένου τους σε αλειφατικό αμινοξύ. Επίσης έχει εισηγηθεί και μια άλλη διάκριση κατά την οποία τα εξωκρυσταλλικά συστατικά αντιστοιχούν στα EDTA-αδιάλυτα συστατικά που εντοπίστηκαν γύρω από τους κρυσταλλίτες ανθρακικού ασβεστίου και που εύκολα καταστρέφονται από την επεξεργασία με NaOCl, ενώ τα ενδοκρυσταλλικά συστατικά αντιστοιχούν σε EDTA-διαλυτές πρωτεΐνες που προστατεύονται από το NaOCl εξαιτίας της θέσεώς τους μέσα στα κρύσταλλα. Με βάση αυτή τη διάκριση η πρωτεΐνη «caspartin» είναι μια αμιγώς ενδοκρυσταλλική ουσία σύμφωνα με το πρωτόκολλο απομόνωσης των πρισμάτων που χρησιμοποιήθηκε από τους Frederic Marin et al (2007). Εντούτοις, η άποψη που συνδέει την υδροφιλία με την ενδοκρυσταλλική εντόπιση και την υδροφοβία με την εξωκρυσταλλική εντόπιση φαίνεται να είναι ανεπαρκής, καθώς το πείραμα εντοπισμού με σεσημασμένα με κολλοειδή χρυσό πολυκλωνικά αντισώματα (immunogold), δείχνει ότι η πρωτεΐνη «caspartin» είναι και ενδοκρυσταλλική (που διασκορπίζεται μέσα στα κρύσταλλα) και εξωκρυσταλλική (διαμορφώνοντας μια ταινία στην περιφέρεια των πρισμάτων) (Frederic M. et al 2007). Σε μια προηγούμενη μελέτη στον αχινό, διαπιστώθηκε επίσης ότι δύο διαλυτές πρωτεΐνες, οι SM50 και SM30, ήταν και ενδοκρυσταλλικές και εξωκρυσταλλικές

τοποθετημένες στην επιφάνεια των βιοκρυστάλλων. Επιπλέον, η μελέτη των Frederic M et al (2007), καταδεικνύει ότι το πλαίσιο μεταξύ των πρισμάτων είναι μια δομή τριών στρώσεων, με το πλαίσιο αυτό να βρίσκεται μεταξύ δύο ταινιών πλούσιων σε πρωτεΐνη «caspartin». Μια τέτοια οργάνωση είχε περιγραφεί για το αραγονιτώδες στρώμα, αλλά ποτέ για τα πρίσματα. Θα μπορούσαμε να συσχετίσουμε τη θέση της «caspartin» με τον πιθανό ρόλο της στη διαδικασία κατασκευής των πρισμάτων. Επειδή η «caspartin» έχει βασικά δύο θέσεις γύρω από και μέσα στα ασβεστιτικά πρίσματα, θα πρέπει να θεωρήσουμε ότι τελεί διαφορετικές λειτουργίες όπως παρουσιάζει η (εικόνα 12). Καταρχάς, η ενδοκρυσταλλική «caspartin» μπορεί να ενεργήσει ως πυρήνας μικροκρυστάλλωσης, στις αυξανόμενες επιφάνειες κάθε πρίσματος. Σε αυτή την περίπτωση, η επιφάνεια δεν θα ήταν ένα συνεχές καλούπι της πρωτεΐνης caspartin, αλλά μάλλον μια ανόργανη επιφάνεια με διάσπαρτες συστάδες από «caspartin» (εικόνα 12D), από τις οποίες οι πυρήνες μικροκρυστάλλων θα συγχωνεύονταν. Σαν συνέπεια της ενδοκρυσταλλικής εντόπισης της, η «caspartin» είναι ένας τροποποιητής του δικτυωτού κρυσταλλικού πλέγματος. Πρόσφατα παρατηρήθηκε ότι η «caspartin», όταν ενσωματώνεται στην ανάπτυξη του ασβεστίτη «in vitro», προκαλεί μια μικρή παραμόρφωση του δικτυωτού πλέγματος, ειδικά κατά μήκος του c-άξονα. Επίσης, η εξωκρυσταλλική ταινία «caspartin» μπορεί επίσης να επιδείξει διαφορετικές λειτουργίες. Πρώτον, θα μπορούσε να ενεργήσει ως επιφάνεια αναστολής, η οποία θα βοηθούσε στον περιορισμό της αύξησης του κρυστάλλου προς την κατεύθυνση του c-άξονα (εικόνες 12B και Γ). Δεύτερον, η «caspartin» μπορεί να εμπλέκεται στη διατήρηση του κρυσταλλογραφικού προσανατολισμού ολόκληρου του πρίσματος. Αν και ο μηχανισμός με τον οποίο θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί αυτό είναι ασαφής. Τρίτον, η ταινία από «caspartin» που περιβάλλει τα εξωπρυσματικά τοιχώματα ενεργεί διαχωρίζοντας τα ιόντα ασβεστίου ή οδηγώντας τα ιόντα διττανθρακικών αλάτων στην επιφάνεια που διενεργείται η κρυσταλλοποίηση.



Εικ 12 Ένα απλοποιημένο μοντέλο πιθανών λειτουργιών της Caspartin, σε σχέση με την εντόπισή της μέσα και έξω από τα ασβεστίτικά πρίσματα των *Pinna nobilis*. (A) Εσωτερική επιφάνεια του οστράκου. (B) Σχηματική απεικόνιση των τριών τμημάτων των πρισμάτων, σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης. Το περιστρακο που εκκρίνεται από τα κύτταρα της περιστρακικής αύλακας, είναι η οργανική μεμβράνη από την οποία αυξάνονται τα πρύσματα. (C) Λεπτομέρès σχέδιο των πρυσμάτων. Κάθε πρύσμα αρχίζει σαν ένα σφαιρίδιο που αναπτύσσεται κεντρομόλα αρχικά. Η caspartin κάνει μία διπλή επίστρωση γύρω από κάθε πρύσμα. (D) Λεπτομέρειες για το C. Η ενδοκρυσταλλική caspartin μπορεί να δράσει σαν nucleator of nanocrystals στην αυξανόμενη επιφάνεια κάθε πρισματός. (Frederic Marin et al 2007),

### A.3.2 Μελέτες Αύξησης – Ανάπτυξη και ηλικία των πιννών.

Λογω της χαμηλής πυκνότητας πληθυσμών του είδους *P. nobilis* καθίστανται δύσκολες και δαπανηρές οι απαραίτητες επαναλαμβανόμενες έρευνες για την μελέτη της οικολογίας του (Richardson et al., 2004). Επομένως πτυχές όπως η ηλικία και η αύξηση είναι φτωχά τεκμηριωμένες στη βιβλιογραφία, και μόνο λιγοστές εκθέσεις υπάρχουν για αυτά τα στοιχεία (Galinou-Mitsoudi et al 2006., García-March et al 2007b., Rabaoui et al 2007., Richardson et al 1999, 2004., Siletic & Peharda 2003). Η μελέτη της ηλικίας και των ποσοστών αύξησης των πληθυσμών είναι θεμελιώδους σημασίας για να αξιολογηθούν τα αποθέματα και η ανθεκτικότητα αυτού του είδους ώστε να ληφθούν οι απαραίτητες αποφάσεις για την προστασία του (Richardson et al., 2004).

Επειδή οι «*in situ*» μετρήσεις είναι υπερβολικά χρονοβόρες, διάφοροι συγγραφείς πρότειναν μεθόδους για την εκτίμηση της ηλικίας και του ρυθμού αύξησης από άδεια κοχύλια, χρησιμοποιώντας τα αποτυπώματα του πρόσθιου προσαγωγού μυός (posterior adductor muscle scars-PAMS), υποθέτοντας ένα παρόμοιο χρονικό σφάλμα ανάμεσα σε κάθε ένα από αυτά (Garcia-March et al 2011). Οι Richardson et al (1999), χρησιμοποίησαν τις αναλογίες ισotόπων οξυγόνου και κατέδειξαν ότι τα «PAMS» εναποτίθενται ετησίως και υπολόγισαν τους παράγοντες που επιδρούν στην ανάπτυξη, σε διάφορους πληθυσμούς. Οι Richardson et al (2004), ανέλυσαν τις αναλογίες Mg/Ca και Sr/Ca από δείγματα οστράκων για να συμπεράνουν τις θέσεις των παλαιότερων «PAMS». Οι García-March & Márquez-Aliaga (2007), ωστόσο, κατέδειξαν ότι πολλά παλαιά «PAMS» θα μπορούσαν να καλυφθούν από τα στρώματα αραγωνίτη στο πρόσθιο τμήμα των μεγάλων σε ηλικία δειγμάτων και ότι μερικές νέες καταγραφές θα μπορούσαν να εναποτίθενται κάτω από κάποια άλλη προκαλώντας σύγχυση στον υπολογισμό της ηλικίας μέσω των «PAMS». Επιπλέον μερικές φορές οι εσωτερικές καταγραφές θα μπορούσαν να αποτεθούν χωρίς να διαμορφώσουν ορατά «PAMS» εξωτερικά.. Πρόσφατα οι Garcia-March et al (2011), επικύρωσαν ότι οι εσωτερικές καταγραφές στο όστρακο αποτίθενται σε ετήσια βάση.

Έτσι έγιναν έρευνες από διάφορους ερευνητές σε διαφορετικά σημεία της Μεσογείου με σκοπό τον υπολογισμό της ηλικίας και του ρυθμού αύξησης των πιννών και τις παραμέτρους που επηρεάζουν τις μετρήσεις. Οι Richardson et al 1999 μελέτησαν την αύξηση των πιννών στις νοτιοανατολικές ακτές της Ισπανίας, καταγράφοντας μια γρήγορη ανάπτυξη ιδιαίτερα κατά την διάρκεια των θερμότερων μηνών του χρόνου, όπως και τα προβλήματα στον καθορισμό της ηλικίας των δειγμάτων βάσει του αριθμού των αποτυπωμάτων του πρόσθιου προσαγωγού μυός στην εσωτερική επιφάνεια του κοχυλίου κατά τη διάρκεια των πρώτων 2 ετών ανάπτυξης των οργανισμών. Οι Garcia & Aliaga (2007), ήρθαν αντιμέτωποι με ένα παρόμοιο πρόβλημα στον καθορισμό της ηλικίας σύμφωνα με τον αριθμό των σημαδιών του προσαγωγού μυός και προσδιόρισαν την ηλικία σύμφωνα με τα εσωτερικά αυτά αποτυπωμένα σημάδια στο κοχύλι. Μια παρόμοια έρευνα για τις πίννες είχε γίνει από τους Richardson et al (1999) στην Αδριατική, όπου σημείωσαν ταχείς ρυθμούς ανάπτυξης. Οι Kozul et al (2011), κατέγραψαν έναν υψηλό ρυθμό ανάπτυξης σε δείγματα που εκτρέφονταν για την παραγωγή βύσσου και σάρκας μέσα σε «box» τοποθετημένα σε θαλάσσια αμμώδη εδάφη. Στα νερά της λίμνης Βουλιαγμένης στην Ελλάδα, διαπιστώθηκε ότι η αύξηση των κοχυλίων είναι γρηγορότερη στο τέλος της Ανοιξέως και στην αρχή του Καλοκαιριού

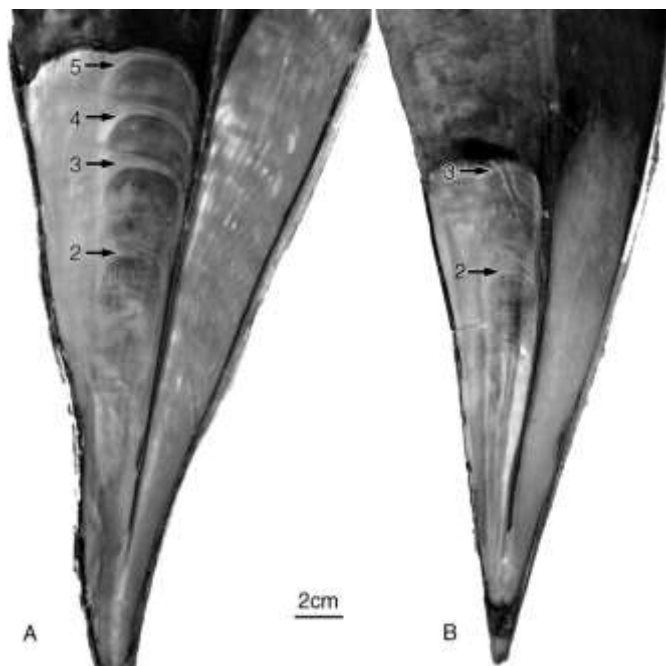
(Katsanevakis 2007b). Παρόλα αυτά ο ρυθμός αύξησης δεν είναι ο ίδιος στα διάφορα σημεία της Μεσογείου. Οι Rabaoui et al (2007), ύστερα από έρευνα των ποσοστών ανάπτυξης σε διάφορους πληθυσμούς πιννών στις ακτές της Τυνησίας, συμπέραναν ότι ο ρυθμός αύξησης ήταν ο μικρότερος από όσους είχαν καταγραφεί στη Μεσόγειο.

Σε μια δεκαετή έρευνα που πραγματοποίησαν οι Vicente et al. (1980) και Moreteau & Vicente (1982) στο εθνικό πάρκο "sous-marin de Port-Cros" στις Γαλλικές ακτές της Μεσογείου, εξετάστηκε ο ρυθμός αύξησης των κοχυλιών *P.nobilis* με επαναλαμβανόμενες «*in situ*» μετρήσεις του μήκους των οστράκων (Richardson et al 1999). Τα αποτελέσματα οδήγησαν στη διαπίστωση ότι οι οργανισμοί *P.nobilis* παρουσιάζουν ένα γρήγορο ρυθμό ανάπτυξης κατά την διάρκεια των 2-3 πρώτων ετών που ακολουθείται από μια αργή ανάπτυξη στη συνέχεια. Η εξωτερική επιφάνεια των κελυφών των πιννών δεν έχει κανένα εμφανές σημάδι αύξησης που να επιτρέπει τον καθορισμό της ηλικίας των ατόμων και το προσδιορισμό του ρυθμού αύξησης των κοχυλιών σε μια ετήσια βάση. Έτσι σύμφωνα με τους Lutz and Rhoads (1980), ο υπολογισμός της ηλικίας των διθύρων γίνεται με τις παραδοσιακές μεθόδους της χρήσης των αποτυπωμάτων του πρόσθιου προσαγωγού μυός, και με τον έλεγχο των γραμμών ανάπτυξης στην εσωτερική επιφάνεια του οστράκου (Richardson et al 1999). Η «*in situ*» μέτρηση των κοχυλιών ανά χρονικά διαστήματα και ο καθορισμός των εποχιακών σχεδίων ανάπτυξης κατά τη διάρκεια του έτους είναι μια έγκυρη και κατάλληλη μέθοδος. Έχει όμως το μειονέκτημα ότι είναι χρονοβόρος και πολυδάπανη. Η εναλλακτική μέθοδος του υπολογισμού της ηλικίας και των ρυθμών αύξησης μέσω των «*PAMS*» στηρίζεται στην υποθετική ερμηνεία, των ετήσιων σημαδιών του προσαγωγού μυός στην εσωτερική επιφάνεια του κοχυλίου τα οποία αντιπροσωπεύουν την εποχιακή μετανάστευση του, ως το μήκος αύξησης των οστράκων (Richardson et al 1999). Η τεχνική αυτή χρησιμοποιήθηκε μεταξύ άλλων σε μια έρευνα διθύρων του είδους *P. bicolor* στη νότια Αυστραλία από τους Butler and Brewster (1979) και Butler (1987) και υπολογίστηκε ότι το είδος *P. bicolor* που αναπτύσσεται σε χονδρόκοκκη άμμο μέσα σε θαλάσσια χλόη στη νότια Αυστραλία φθάνει σε ένα μήκος 20 εκατ. σε 1 έτος, ενώ από τις «*in situ*» μετρήσεις του κοχυλίου οι Moreteau και Vicente (1982) υπολόγισαν ότι η ίδια αύξηση των 20 εκατοστών σε δίθυρα του είδους *P. nobilis* από τη γαλλική Μεσόγειο αντιστοιχεί σε ηλικία 2 ετών (Richardson et al 1999).

Οι Richardson et al (1999) στην έρευνα τους στη δυτική Μεσόγειο κατά μήκος των νότιο-ανατολικών ακτών στην Ισπανία, κατέγραψαν την παρουσία πιννών και επικύρωσαν τη φύση της αύξησης μέσω των σχηματιζόμενων αποτυπωμάτων-«δαχτυλιδιών» του προσαγωγού μυός. Η επικύρωση αυτή έγινε χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις της σύνθεσης των σταθερών ισοτόπων οξυγόνου στο ανθρακικό άλας του κοχυλίου. Στη συνέχεια προσδιόρισαν τη δομή την ηλικία και το ποσοστό αύξησης των μετρούμενων πιννών. Η ανάλυση των σταθερών ισοτόπων οξυγόνου ( $^{18}\text{O}$ : $^{16}\text{O}$ ) του ανθρακικού άλατος ανά διαστήματα κατά μήκος της επιφάνειας του κοχυλίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συμπεράνουμε τις εποχιακές αλλαγές θερμοκρασίας ύδατος και τις φόρμες αύξησης των κοχυλίων. Δεδομένου ότι η εναπόθεση ανόργανου υλικού και η αύξηση του κοχυλίου λαμβάνει κυρίως χώρα κατά τη διάρκεια των περιόδων μεταβολής της θερμοκρασίας του νερού από 12 έως 26 °C. Η σύνθεση του ασβεστιτικού υλικού του κοχυλίου σε σταθερά ισότοπα οξυγόνου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πληρεξούσιο για την περιβαλλοντική θερμοκρασία και την σύνθεση ισοτόπων του θαλασσινού νερού εάν ο ασβεστίτης καθιζάνει στο όστρακα σε ισορροπία με το νερό της θάλασσας (Richardson et al 1999). Αυτή η τεχνική έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για τον υπολογισμό της ηλικίας και της αύξησης και άλλων ειδών δίθυρων, συμπεριλαμβανομένου του κυματοειδούς μαλακίου του ατλαντικού *Spisula solidissima*, του όστρακου *Placopecten magellanicus*, και του γιγαντιαίου μαλακίου *Tridacna maxima* (Richardson et al 1999).

Από τα αποτελέσματα λοιπόν της έρευνας των Richardson et al (1999) στις Ισπανικές ακτές κανένα εμφανές «δαχτυλίδι» αύξησης δεν υπήρχε στην εξωτερική επιφάνεια των κοχυλίων. Αντίθετα σαφή ομόκεντρα «δαχτυλίδια» ήταν εμφανή στην εσωτερική επιφάνεια, ως τα σημάδια της μετανάστευσης του πρόσθιου προσαγωγού μυός, στα κοχύλια μεγέθους >25cm που συλλεχθηκαν το μήνα Σεπτέμβριο (εικόνα 13). Σε πίννες με μήκος <25cm τα δαχτυλίδια ήταν πάντα αδύναμα και δυσδιάκριτα.





Εικ 13 *Pinna nobilis*. Εσωτερική επιφάνεια οστράκου που δείχνει τα δαχτυλίδια ανάπτυξης (βέλη) στα σημάδια του πρόσθιου προσαγωγού μυός σε πίννα μήκους 52 cm από την περιοχή Carboneras. (A) Τα δαχτυλίδια 2-5 είναι ορατά, αλλά το πρώτο είναι απόν. (B) Μικρή πίννα 40cm από περιοχή Villaricos. Τα δαχτυλίδια 2 και 3 είναι αμυδρά εμφανή ενώ το τρίτο είναι απόν (Richardson C.A. et al 1999)

Μια σύγκριση ενός προφίλ θερμοκρασιών που πρόεκυψε από την μέτρηση των ισοτόπων οξυγόνου ενός κοχυλιού από την περιοχή Aguamarga της εν λόγω έρευνας, που καλύπτει την περίοδο μεταξύ των δυο ευδιάκριτων δαχτυλιδιών έδειξε ότι το διάστημα αυτό αντιστοιχεί κατά την διάρκεια της περιόδου αύξησης της θερμοκρασίας από 14 σε 20 °C, χρονικό διάστημα που συμπίπτει με θερμοκρασίες νερού την Άνοιξη και τις αρχές Καλοκαιριού (Richardson C.A. et al 1999). Γενικά μια γραμμική σχέση υπάρχει μεταξύ του ρυθμού ανάπτυξης των οστράκων και της θερμοκρασίας : σε θερμοκρασίες κάτω από 19 έως 22 °C η ανάπτυξη ανέρχεται από 0,3 έως 0,6 mm / ημέρα περίπου και όταν η θερμοκρασία υπερβαίνει τους 19 έως 22 °C η αύξηση των πιννών είναι μεγαλύτερη από 0,8 mm/ημέρα (Richardson C.A. et al 1999). Μετά τον απικοισμό οι πίννες αυξάνονται με γρήγορο ρυθμό φτάνοντας σε έναν μέγιστο ρυθμό ανάπτυξης το καλοκαίρι όπου οι θερμοκρασίες του θαλασσινού νερού είναι υψηλές. Στην ίδια περίοδο αύξησης θερμοκρασιών νερού κατά το δεύτερο έτος, η ανάπτυξη του κοχυλιού κατά το χρονικό διάστημα Μαΐου και Ιουλίου εμφανίζεται να είναι μικρότερη από αυτήν του

πρώτου έτους. Αυτή η μικρότερη ανάπτυξη κατά την διάρκεια του δευτέρου έτους συμβαίνει ταυτόχρονα με την εμφάνιση του πρώτου αποτυπώματος του πρόσθιου προσαγωγού μυός (Richardson C.A. et al 1999).

Δεδομένου ότι τα αποτελέσματα ανάλυσης ισοτόπων οξυγόνου δείχνουν ότι οι πίννες ζουν ένα χρόνο παραπάνω σε σχέση με τον αριθμό των παρατηρούμενων σημαδιών «δαχτυλιδιών» του πρόσθιου προσαγωγού μυός, οι εκτιμήσεις ηλικίας και ρυθμού αύξησης μέσω της εναπόθεσης των «δαχτυλιδιών» στο εσωτερικό του οστράκου θα πρέπει να υπολογίζουν ένα επιπλέον χρόνο λαμβάνοντας υπόψη το «δαχτυλίδι» που αποτίθεται κατά το πρώτο έτος και το οποίο δεν είναι εμφανές. Επίσης στα πολύ ηλικιωμένα κοχύλια μπορεί και το δεύτερο αποτύπωμα «δαχτυλιδιού» να μην είναι εμφανές εξαιτίας της εναπόθεσης ανόργανου υλικού πάνω από αυτό. Σε μερικές περιοχές αυτά τα «δαχτυλίδια» ή οι γραμμές εναποτίθενται ετησίως, όταν η ανάπτυξη του οστράκου και οι θερμοκρασίες του θαλασσινού νερού είναι οι μικρότερες, ή όταν οι θερμοκρασίες είναι οι μέγιστες (Richardson et al 1999). Όλες οι πίννες που συλλέχθηκαν από τις Ισπανικές ακτές στην έρευνα των Richardson et al (1999) παρουσιάζουν ένα «δαχτυλίδι» νωρίς το καλοκαίρι, και οι αναλύσεις ισοτόπων οξυγόνου από την επιφάνεια των οστράκων που αντιστοιχεί στις θέσεις των δυο ευδιάκριτων σημαδιών δαχτυλιδιών επιδεικνύει δυο ετήσιους κύκλους, ζεστών (22 έως 23 °C) και κρύων θερμοκρασιών (13 έως 14 °C). Οι θέσεις των δαχτυλιδιών συμπίπτουν με την περίοδο αύξησης της θερμοκρασίας του νερού από τους 14 στους 20°C και κάθε δαχτυλίδι αντιπροσωπεύει ένα ετήσιο γεγονός. Εντούτοις, η εξέταση του ισοτόπου  $d^{18}O$  και οι θερμοκρασίες που προέκυψαν από δύο πίννες (< 25 εκατ.), οι οποίες δεν είχαν κανένα εμφανές σημάδι αποτυπώματος των προσαγωγών-μυών, παρουσίασε και τα δύο αυτά άτομα να είναι πίο μεγαλύτερα του 1 έτους. Οι πιο μικρές πίννες (14cm) ήταν ενός έτους, και τα μεγαλύτερα άτομα με μήκος (25cm) ήταν 2 χρονών. Αυτό δείχνει ότι όπως και σε πολλά άλλα δίθυρα, το πρώτο σημάδι δαχτυλιδιού του προσαγωγού μυός είναι επίσης απόν ή δυσδιάκριτο (Richardson et al 1999). Το είδος *P.bicolor* στο Εδιμβούργο στη Νότια Αυστραλία σχηματίζει το μεγαλύτερο μέρος του κοχυλιού του μέσα στα τρία πρώτα χρόνια και φτάνει στο μέγεθος των 35 έως 40cm σε μια περίοδο 15 ετών. Οι πίννες στην Aguamarga της Ισπανίας αγγίζουν το μέγεθος των 40 cm σε 7 ή 8 χρόνια ενώ οι πίννες από το Carboneras (Ισπανία) συνεχίζουν να αυξάνονται γρήγορα και στα 60 cm (Richardson et al 1999).



Οι Kozul.Valter et al, (2011) σε μια έρευνα στην νότια Αδριατική θάλασσα. συνέλεξαν νεαρές πίννες από τον κόλπο του Mali Ston και τις τοποθέτησαν σε τεχνητούς κλωβούς (εικόνα 14) ανά 20 άτομα και τους εγκατέστησαν για εκτροφή σε κάποιο άλλο σημείο. Οι κλωβοί εγκαταστάθηκαν σε τρία διαφορετικά βάθη του 1, 3, και 5 μέτρων, και μετά από δυο χρόνια διατήρησής τους πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για τον υπολογισμό του ποσοστού αύξησης. Το μέσο μήκος για το βάθος του 1 μέτρου ήταν  $244.1 \pm 22.9$  mm,  $244.0 \pm 25.3$  mm για τα 3 μέτρα και  $231.1 \pm 22.5$  mm για τα 5 μέτρα. Η μέση μηνιαία αύξηση για τη συνολική χρονική περίοδο του πειράματος ήταν  $8.7 \pm 5.3$ ,  $8.4 \pm 4.5$  και  $7.6 \pm 4.4$  mm, για το 1, 3 και 5 m βάθος αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα υπέδειξαν γρήγορους ρυθμούς ανάπτυξης από ένα ελάχιστο μήκος 16,0 mm έως ένα μέγιστο μήκος 302,0 mm.



Εικ. 14 Νεαρές πίννες σε box τεχνητής καλλιέργειας (Valter Kozul 2011)

Σε πολλές άλλες μελέτες όπως των (Richardson et al 1999., Siletic & Peharda 2003., Richardson et al 2004., Katsanevakis 2006., Rabaoui et al 2007) παρουσιάζεται μια ποικιλία ρυθμών ανάπτυξης των πληθυσμών στα διάφορα βάθη νερών. Εντούτοις οι περισσότερες μελέτες δείχνουν μια γρήγορη ανάπτυξη κατά τη διάρκεια των πρώτων 2 χρόνων ζωής και ένα εύρος αύξησης 15-20 cm μήκος κελύφους για πίννες ηλικίας 2 ετών. Οι Richardson et al. (2004) μελέτησαν την αύξηση 6 δειγμάτων πιννών από το «Mali Ston» μήκους 15-62 cm. Το μήκος των δειγμάτων που υπολογίστηκε για δείγματα ηλικίας 2 ετών ήταν 25cm σχεδόν το ίδιο με αυτό που υπολόγισαν οι Kozul.Valter et al,(2001). Στα νερά της Τυνησίας οι Rabaoui et al.(2007), συνέλεξαν περίπου 150 δείγματα με τυχαία δειγματοληψία από 5 περιοχές και υπολόγισαν την ανάπτυξη σύμφωνα με τον αριθμό των αποτυπωμάτων του προσαγωγού μυός. Στις

έρευνές τους το μέσο μήκος για τα τριών ετών ηλικίας, περίπου, κοχύλια ήταν 10 cm, σημαντικά μικρότερη από αυτήν του Kozul, Valter et al,(2011) και η μικρότερη που έχει παρατηρηθεί στη Μεσόγειο.

Οι διαφορετικοί ρυθμοί ανάπτυξης των διθύρων που παρουσιάζονται σε ορισμένες θέσεις στα διάφορα σημεία της Μεσογείου, μπορούν να συνδεθούν με τη διαθεσιμότητα της τροφής, τη θερμοκρασία, την ένταση ανεβάσματος των παλιρροιακών νερών, τον τύπο του υποστρώματος και την υδροδυναμική των περιοχών (Kozul.V et al 2011). Για τις πίννες σοβαρές διαταραχές του υποστρώματος και υψηλές υδροδυναμικές πιέσεις έχουν προταθεί ως αιτίες για την μείωση της ανάπτυξης (Garcia-March, et al. 2007b). Αρκετοί επίσης συγγραφείς έχουν διαπιστώσει διαφορετικούς ρυθμούς αύξησης στα διάφορα βάθη μέσα στον ίδιο πληθυσμό, (Kozyl et al 2011, Katsanevakis 2006, 2007., Garcia et al 2002., Garcia et al.2007., Rabaoui et al 2007). Για παράδειγμα οι Kozul et al (2011), διαπίστωσαν γρηγορότερη ανάπτυξη στα βάθη του 1 και 2 μέτρων από ότι σε μεγαλύτερα βάθη.

Η ετήσια ανάπτυξη των πιννών περιγράφηκε επίσης από τον Κατσανεβάκη (2007), και τα αποτελέσματα ήταν παρόμοια με αυτά των Kozul et al(2011) όπου παρουσιάστηκε μια αιχμή ρυθμών αύξησης κατά την περίοδο αργά την Άνοιξη έως νωρίς το Καλοκαίρι. Η έρευνα των Kozul et al (2011) έδειξε επίσης ότι ο μέσος μηνιαίος ρυθμός ανάπτυξης ήταν μεγαλύτερος στα βάθη του 1 μέτρου, και ότι η ταχύτητα του μηνιαίου ρυθμού ανάπτυξης εξαρτάται από τις συνθήκες που επικρατούν στο νερό, έτσι ώστε κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών (Ιούνιος και Ιούλιος) οι πίννες παρουσιάζουν το μεγαλύτερο μέσο ρυθμό αύξησης, και κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών (Ιανουάριο και Φεβρουάριο) τον χαμηλότερο.

Διάφορες έρευνες έχουν δείξει ότι ο ρυθμός αύξησης των οστρακόδερμων αλλάζει ως απάντηση στις αλλαγές θερμοκρασίας και αλατότητας του νερού (Kozyl 2011). Για παράδειγμα η δραστηριότητες των στρειδιών που περιλαμβάνουν και την αύξηση, θα επιβραδυνθούν δραματικά ή θα σταματήσουν στις χαμηλότερες θερμοκρασίες (5-8 °C) και θα αυξηθούν σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Η αλατότητα του νερού όπως υποστηρίζεται από πολλούς ερευνητές, επιδρά στην αύξηση των θαλάσσιων οργανισμών, και έχει διαπιστωθεί ότι όπως και η χαμηλότερη θερμοκρασία έτσι και η χαμηλότερη αλατότητα επιφέρουν χαμηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης Kozyl (2011).

### **A.3.3 Μελέτες Φυσιολογίας - δραστηριότητα των βαλβίδων στο είδος *P.nobilis* (*Shell gaping behavior*)**

Οι θυρίδες συνενώνονται μεταξύ τους στο άνω μέρος του οστράκου με ένα ελαστικό σύνδεσμο (*ligamentum*) και συναρθρώνονται με ένα σύστημα οδόντων (*teeth*) και εσοχών (βοθρία-*sockets*) που υπάρχουν και στις δύο θυρίδες. Ο χώρος αυτός της συνάρθρωσης ονομάζεται κλείθρο (*hinge*). Το άνοιγμα και κλείσιμο των θυρίδων πετυχαίνεται με την ανταγωνιστική δράση του ελαστικού συνδέσμου και των προσαγωγών μυών (*adductor muscles*) που προσκολλώνται στο εσωτερικό των θυρίδων. Ο ελαστικός σύνδεσμος δρα σαν ελατήριο και κρατά τις θυρίδες ανοικτές όταν οι μύες ηρεμούν. Ενώ σε περίπτωση κινδύνου όλα τα μαλακά μέρη αποσύρονται στο εσωτερικό του οστράκου το οποίο κλείνει με τη συστολή των προσαγωγών μυών ([www.geo.auth.gr](http://www.geo.auth.gr)).

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η δραστηριότητα των βαλβίδων των κοχυλίων σχετίζεται με τις σημαντικές φυσιολογικές διαδικασίες, όπως η διατροφή, η αναπνοή και ο μεταβολισμός, και προσαρμόζεται κάθε φορά αντιδρώντας σε εξωτερικά ερεθίσματα ακολουθώντας κυκλικούς ρυθμούς σε διάφορα είδη (Garcia et al 2008).

Αν και οι εναλλαγές του ήλιου με το φεγγάρι είναι ο σημαντικότερος παράγοντας για τους καθημερινούς ρυθμούς της ζωής, κυκλικοί και μη, εξωγενείς περιβαλλοντικοί παράγοντες μπορούν επίσης να επηρεάσουν την δραστηριότητα των θυρίδων. Για παράδειγμα όταν τα κοχύλια εκτίθενται σε χαμηλές συγκεντρώσεις τοξικών στο νερό, αλλάζουν την «gapping» δραστηριότητα τους, αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα έχει χρησιμοποιηθεί για να αναπτυχθούν ακριβή συστήματα προειδοποίησης για μολυσμένες εκχύσεις στις κοίτες ποταμών από μελέτες των Borcherdig & Volpers το 1994, των Sluyts et al το 1996 (Garcia et al 2008). Οι ερευνητές Vicente και Moreteau το 1991, διαπίστωσαν ότι τα δίθυρα κλείνουν τις βαλβίδες όταν οι σκιές των δυτών προσεγγίζουν και καλύπτουν τις θυρίδες, και ότι η δραστηριότητα των θυρίδων είναι χαμηλή με τη σχισμή των θυρίδων να παραμένει ανοικτή στο μεγαλύτερο διάστημα του χρόνου (Garcia et al 2008).

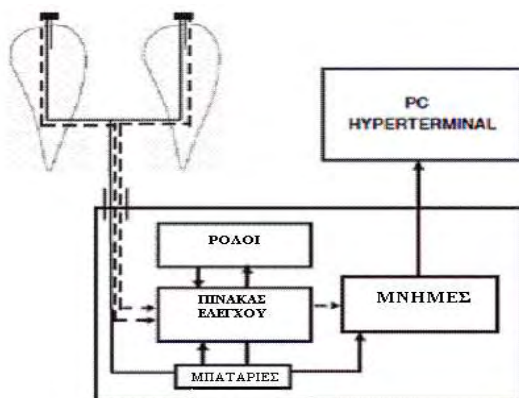
Πολλά χαρακτηριστικά γνώρισμα της φυσιολογίας των πιννών είναι ανεπαρκώς τεκμηριωμένα, η δραστηριότητα ανοίγματος και κλεισίματος των θυρίδων δεν αποτελεί μια εξαίρεση. Ένας περιοριστικός παράγοντας για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων είναι η πραγματοποίηση πειραμάτων στο εργαστήριο, καθώς οι συνθήκες που επικρατούν απέχουν από τις πραγματικές των φυσικών βιοτόπων των

οστρακοειδών (Garcia et al 2008). Οι Williams and Pilditch (1997), διαπίστωσαν ότι κατά την μελέτη της δραστηριότητας των βαλβίδων οι εργαστηριακές συνθήκες μπορούν να αλλάξουν τη φυσιολογική συμπεριφορά των μαλακίων. Έτσι ο ανεφοδιασμός των τροφίμων σε κανονική βάση οδηγεί σε αλλαγή των ρυθμών «gapping» για το όστρακο *Crassostrea virginica*, και στο δίθυρο *Austrovenus stutchburyi* το άνοιγμα των θυρίδων προσαρμόζεται ώστε να συμπίσει με την ανά τακτά χρονικά διαστήματα παροχή τροφής σύμφωνα με τον Higgins 1980 και τους Williams & Pilditch (1997) (Garcia et al 2008). Ακόμα, μαλάκια του είδους *fluminea Corbicula* που εκτέθηκαν σε σταθερές εργαστηριακές συνθήκες παρουσίασαν διαφορετική κινητικότητα των βαλβίδων σε σχέση με τις συνθήκες του φυσικού περιβάλλοντος τους (Ortmann and Grieshaber 2003). Οι Englund και Heino το 1996 διαπίστωσαν ότι ο εγκλωβισμός είχε επιπτώσεις στους καθημερινούς ρυθμούς του ανοίγματος των θυρίδων στα μύδια του γλυκού νερού *anatina Anodonta*, ενώ οι Kim et al το 2003 κατέγραψαν μεταβολές στους ρυθμούς κατανάλωσης οξυγόνου στο είδος *venerid Saxidomus* κάτω από σταθερές συνθήκες εργαστηρίου (Garcia et al 2008).

Για την μελέτη και παρακολούθηση της δραστηριότητας ανοίγματος και κλεισίματος των βαλβίδων των διθύρων έχουν παρουσιαστεί διάφορες συσκευές πολλές από τις οποίες διατίθενται στο εμπόριο. Η συσκευή *Dreissena-Monitor1* (Envicontrol, Koln, Germany) χρησιμοποιεί την αλληλεπίδραση ενός διακόπτη και ενός μικρού μαγνήτη, ο οποίος είναι κολλημένος επάνω στην ελεύθερα κινούμενη βαλβίδα. Μια άλλη συσκευή η *Mosselmonitor1* (Delta Consult, Kapelle, The Netherlands) μετρά την απόσταση μεταξύ δύο ηλεκτρικών σπειρών που είναι επίσης κολλημένες επάνω στις βαλβίδες. Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτής της συσκευής είναι ένας αισθητήρας (*Hall Effect sensor*). Ο αισθητήρας αυτός τοποθετείται σε μια από τις θυρίδες του μυδιού και ένας ή δύο μαγνήτες τοποθετούνται στην άλλη θυρίδα. Καθώς οι βαλβίδες ανοίγουν και κλείνουν ο αισθητήρας ανιχνεύει τις αλλαγές στο μαγνητικό πεδίο και μεταδίδει μια τάση που είναι ανάλογη προς την απόσταση μεταξύ του μαγνήτη και του αισθητήρα. (Garcia et al 2008).

Οι Garcia et al (2008) πραγματοποίησαν μια έρευνα για την «gapping» δραστηριότητα των πιννών. Με σκοπό να αποφύγουν τις επιδράσεις των συνθηκών του εργαστηρίου στα αποτελέσματα τους, η έρευνα έγινε ζωντανά (*in situ*) στο φυσικό βιότοπο των πιννών, και μελετήθηκαν οι επιδράσεις της θερμοκρασίας νερού, της έντασης του φωτός, της διαθεσιμότητας της τροφής και της συγκέντρωσης του οξυγόνου, στην δραστηριότητα των βαλβίδων. Στην έρευνα δεν χρησιμοποιήθηκε κάποιος από τους μηχανισμούς που

αναφέρθηκαν καθώς η συσκευή *Dreissena-Monitor1* έχει προσαρμοστεί να δουλεύει για λίγα είδη μικρών μεγεθών και είναι κατάλληλη για μελέτες μόλυνσης του νερού. Επιπλέον η συσκευή *Dreissena-Monitor1* χρησιμοποιεί μόνο έναν διακόπτη ο οποίος μειώνει το εύρος αναλύσεων και περιορίζεται μόνο στο άνοιγμα και κλείσιμο των θυρίδων και όχι στο εύρος ανοίγματος. Η συσκευή *Mosselmonitor1* από την άλλη απαιτεί συνεχή ανεφοδιασμό ενέργειας για την συντήρηση των αισθητήρων κάτι που αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας. Έτσι οι Garcia et al (2008), σχεδίασαν μια νέα συσκευή παρακολούθησης με πολλαπλό αισθητήρα 4 ραβδωτών διακοπών και σύστημα ηλεκτρονικής μνήμης καταγραφής των μετρήσεων *ROM (EEPROM)* (εικόνες 15,16). Ο νέος αισθητήρας επέτρεπε τη διάκριση των διαφορετικών θέσεων των θυρίδων και επομένως των διαφορετικών βαθμών ανοίγματος, ενώ η μαγνητική ενεργοποίηση του αισθητήρα μαζί με την χρησιμοποίηση των μνημών *EEPROM*, ελαχιστοποίησε την κατανάλωση ενέργειας.



Εικ. 15 Σχηματική απεικόνιση συσκευής Garcia et al. Το ρολοι ρυθμισμένο να χρονολογεί (ημέρα, ώρα, λεπτα Δευτερόλεπτα). Κάθε φορά που μία κίνηση κλείνει το κύκλωμα του διακόπτη με έναν αισθητήρα, ο πίνακας ελέγχου συγκεντρώνει τα στοιχεία μαζί με την χρονολόγηση και αποθηκεύει την πληροφορία στις μνήμες. Τα στοιχεία των μνημών μπορούν να φορτωθούν σε έναν ηλεκτρονικό Υπολογιστή (Garcia et al 2008).



Εικ.16 Άποψη του αισθητήρα που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη συμπεριφοράς βαλβίδων (gaping) στα *Pinna nobilis*. Το άσπρο βέλος επισημαίνει την υποστήριξη που κολλήθηκε επάνω στο κοχύλι για την τυποποιημένη εγκατάσταση (ένα άλλο ίδιο κομμάτι κολλήθηκε στην αντίστοιχη θέση επάνω στην άλλη βαλβίδα). Το διακεκομμένο άσπρο βέλος δείχνει το σταθερό τμήμα που σχεδιάστηκε για να κυλούν οι ραβδοί & ο μαγνήτης μέχρι τη θέση όπου οι θυρίδες είναι κλειστές (Garcia et al 2008).

Με αυτό το σύστημα, ελέγχθηκαν 10 άτομα σε περιόδους που κυμαίνονται μεταξύ 3 και 21 ημερών, μέχρι και συνολικά 98 ημέρες.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι μετακινήσεις των βαλβίδων δεν ήταν περισσότερες από 3,8 ανά ώρα και με το μέσο όρο να είναι ίσος με  $2 \pm 1,2$  κινήσεις ανά ώρα, ενώ η κινητική δραστηριότητα μειωνόταν σημαντικά με την αύξηση του μήκους των κοχυλιών. Τα άτομα μπορούσαν να έχουν ανοικτές τις βαλβίδες σε ένα σταθερό εύρος για αρκετές ώρες. Οι περισσότερες κινήσεις παρατηρήθηκαν να συμβαίνουν με

το ηλιοβασίλεμα και την ανατολή του ηλίου, και μερικά άτομα έκλειναν το κλείθρο για το υπόλοιπο της ημέρας. Παρά την ύπαρξη του αισθητήρα που καταγράφει ένα εύρος ανοιγμάτων των θυρίδων, όλα τα άτομα παρουσίασαν παρόμοια επίπεδα δραστηριότητας. Ο αριθμός ανοιγμάτων και κλεισιμάτων είναι χαμηλός σε αλλά είδη μαλακίων που παρατηρήθηκαν, όπως για παράδειγμα στο είδος *Corbicula fluminea* (Ortmann and Grieshaber 2003). Ωστόσο οι Wilson et al (2005), κατέγραψαν πολύ περισσότερες κινήσεις στα μύδια *Mytilus edulis* και *Astarte borealis* (Garcia et al, 2008). Παρά το γεγονός ότι οι αναλύσεις των αισθητήρων που χρησιμοποιήθηκαν για τα πιο πάνω πειράματα ήταν για διαφορετικές τοποθεσίες, ο αριθμός των ανοιγμάτων και κλεισιμάτων ανυψώθηκε περισσότερο στα τελευταία δύο είδη, από τις ευρείες μετακινήσεις που εμφανίστηκαν επανειλημμένα για σύντομες χρονικές περιόδους. Οι μετακινήσεις των βαλβίδων επίσης αλλάζουν ανάλογα με την εποχή του έτους, την θερμοκρασία και τη διαθεσιμότητα τροφών στο είδος *polimorfa Dreissena*. Σε φυσικούς βιότοπους και χωρίς την παρουσία τοξικών προϊόντων, μπορεί να αναμένεται μια υψηλή ποικιλότητα στον αριθμό κινήσεων των βαλβίδων ανάλογα με τα είδος δόλοβου, την περίοδο έτους και θερμοκρασίας ύδατος. (Garcia et al, 2008).

Παρά τους περιορισμούς που οφείλονται στις διαφορές στα σχέδια των αισθητήρων που έχουν χρησιμοποιηθεί στα διάφορα πειράματα, φαίνεται ότι οι πίννες περιλαμβάνονται στην ομάδα μαλακίων με χαμηλή δραστηριότητα θυρίδων. Γενικά τα δείγματα του πειράματος των Garcia et al (2008) έκλειναν πάντα τις βαλβίδες με το ηλιοβασίλεμα και ακολουθούσαν την ημερήσια εξέλιξη του φεγγαριού στο άνοιγμα τους. Διαπιστώθηκαν 2 κύριες συμπεριφορές: (1) Νυχτερινό κλείσιμο των θυρίδων σχετιζόμενο με το ηλιοβασίλεμα και (2) νυχτερινό άνοιγμα σχετιζόμενο με την ορατότητα του φεγγαριού και φωτεινότητα δίσκου μεγαλύτερη από 50%. Άλλες δυο λιγότερο συχνές τάσεις παρατηρήθηκαν επίσης : (3) κλειστές θυρίδες την ημέρα και (4) άνοιγμα θυρίδων το βράδυ χωρίς την παρουσία ορατού φεγγαριού. Μερικά κλεισίματα των θυρίδων κατά τη διάρκεια της ημέρας, καθώς επίσης και μια αυξανόμενη δραστηριότητα βαλβίδων παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια θαλασσοταραχών και θυελλών. Οι πίννες ενδεχομένως να έκλειναν τις θυρίδες ως αντίδραση στα αυξανόμενα επίπεδα αιωρούμενων μορίων που συνδέθηκαν με την υπερβολική μετακίνηση νερού, ή να αύξαναν την κινητικότητα των βαλβίδων με σκοπό να καθαριστεί η κοιλότητα του οστράκου από το ίζημα. Οι Cheung & Shin το

2005 αναφέρουν ότι η υπερβολική συγκέντρωση αιωρούμενου ιζήματος στο νερό μπορεί να καταστρέψει το κροσσωτό επιθήλιο των διθύρων, ενώ οι Ellis et al (2002) και οι Coco et al (2006), έχουν αναφερθεί επίσης στα επιβλαβή αποτελέσματα των υπερβολικών φορτίσεων των ιζημάτων στην επιβίωση του είδους *Pinnid Atrina zelandica* (Garcia et al 2006). Εντούτοις, αυτές οι συμπεριφορές που παρατηρήθηκαν στις πίννες κατά τη διάρκεια των θαλασσοταραχών και των θυελλών θα μπορούσαν εξίσου να είναι μια συνέπεια της ενόχλησης από τον αισθητήρα στα ελεγχόμενα άτομα (Garcia et al 2006).

Τα δίθυρα κατά την παλίρροια μπορεί να εκτεθούν για πολύ χρόνο έξω από το νερό (εικόνα 17). Διάφορες μελέτες όπως αυτές των Widdows και Shick (1985), Burnett 1988, McMahon (1988), Demers και Guderley (1994), σύμφωνα με σύνοψη των Garcia et al (2006), αναφέρουν ότι μερικά δίθυρα κατά την ανάδυσή τους από το νερό μπορούν να υποστηρίζονται από έναν αερόβιο μεταβολισμό από περιοδικά ανοίγματα των βαλβίδων και εξαερισμό του μανδύα της κοιλότητας του κοχυλιού, ενώ άλλα προσαρμόζονται φυσιολογικά στην αλλαγή του μεταβολισμού από αερόβιο σε αναερόβιο κατά τη διάρκεια παρατεταμένων περιόδων κλεισίματος των θυρίδων. Το κλείσιμο των θυρίδων των οστρακοειδών κατά την αποκάλυψη των κοχυλίων στις παλίρροιες και την έκθεση τους στον αέρα, βοηθά τα όστρακα να αντιδράσουν απέναντι στην αποξήρανση, αλλά απαιτούνται και σημαντικές φυσιολογικές προσαρμογές για να επιζήσουν (Garcia et al 2006).



Εικ.17 Πίννες εκτεθειμένες στον αέρα κατά τη διάρκεια παλίρροιας ([http://www.lagunaproject.it/imgscheda/ Pinna nobilis3.JPG](http://www.lagunaproject.it/imgscheda/Pinna_nobilis3.JPG))



Οι Sobral και Widdows (1997), προτάσσουν ότι η περιβαλλοντική υποξία μπορεί να προκαλέσει μια καταστολή του αερόβιου μεταβολισμού και μια αύξηση του αναερόβιου. Το κλείσιμο των βαλβίδων, μαζί με τις απαραίτητες φυσιολογικές προσαρμογές του κοχυλίου, είναι μια καλή και πρακτική αντίδραση στα επιβλαβή αποτελέσματα της αποκάλυψης και της αποξήρανσης. Εντούτοις, οι πίννες είναι ένα υποπαλιρροιακό (*subtidal*) δίθυρο, και προφανώς δεν έχει κανέναν λόγο να διατηρεί κλειστές τις βαλβίδες για μεγάλο χρονικό διάστημα (Garcia et al 2006). Επιπλέον, οι πίννες είναι προσαρμοσμένες να ζουν στα ολιγοτροφικά περιβάλλοντα και μπορούν να φθάσουν σε μεγάλα μεγέθη σε σύντομο χρονικό διάστημα (Siletic & Peharda 2003., Richardson et al 1999, 2004., Garcia-March et al 2007b). Αυτό υποδεικνύει μια υψηλή αποδοτικότητα των μεταβολικών οδών, παρόλη την προφανή καθημερινή απώλεια των υποστρωμάτων και της ενέργειας που θα ξοδευόταν από μια αλλαγή σε αναερόβιες συνθήκες αμέσως μετά από το κλείσιμο των θυρίδων (Ortmann and Grieshaber 2003).

Οι Ortmann και Grieshaber (2003), μετά από παρακολούθηση του δίλοβου *fluminea Corbicula* του γλυκού νερού για 2 έτη, κατέδειξαν ότι τα άτομα παρουσίασαν έναν κερκαδικό ρυθμό ανοίγματος των βαλβίδων στους θερμούς μήνες (από το τέλος Απριλίου έως τα μέσα Οκτωβρίου), και κλείσιμο των βαλβίδων κυρίως τη νύχτα. Οι θυρίδες ήταν κλειστές για μεγάλες χρονικές περιόδους, αλλά κατά τρόπο ενδιαφέροντα, τα δίθυρα μεταβλήθηκαν σε αναερόβια μόνο μετά από 5-10 ώρες συνεχούς κλεισίματος των βαλβίδων. Η μείωση του οξυγόνου αποτράπηκε με έναν υποδεκαπλασιασμό του μεταβολισμού όταν οι βαλβίδες ήταν κλειστές, και ο αερόβιος μεταβολισμός διατηρήθηκε σχεδόν όλο το χρονικό διάστημα. Αυτοί οι συγγραφείς υπολόγισαν ότι το οξυγόνο που υπήρχε στο υγρό του μανδύα των κοιλοτήτων, μπορούσε να στηρίξει τον αερόβιο μεταβολισμό για 4-9 ώρες, με τη διάρκεια να αυξάνει στα μεγαλύτερα άτομα.

Ένας από τους σοβαρότερους παράγοντες που συμβάλλουν στη μείωση του μεταβολισμού, ήταν η υποτιθέμενη παύση των παλμών του κροσσώτου επιθηλίου των βραγχίων μετά το κλείσιμο των βαλβίδων, δεδομένου ότι κάτω από συνθήκες χαμηλής παροχής τροφών, το σταμάτημα των παλμών του κροσσώτου επιθηλίου μπορεί να άγει μηνύματα στις ενεργειακές αποθήκες για οικονομία (Ortmann and Grieshaber 2003). Επομένως με ένα κλείσιμο των βαλβίδων κατά τη διάρκεια της νύχτας, όπου η ποσότητα του φυτοπλαγκτού υποτίθεται ότι είναι ανεπαρκής για να στηρίξει την κατανάλωση ενέργειας ενός κανονικού ρυθμού μεταβολισμού, τα *C. Fluminea* έκαναν οικονομία ενέργειας. Το υποπαλιρροιακό (*subtidal*) είδος *venerid Saxidomus* όπως αναφέρουν οι



Kim et al. 2003 σύμφωνα με σύνοψη των Garcia et al (2006), έχει την ικανότητα να ρυθμίζει την κατανάλωση ενέργειας παρουσιάζοντας 2 αιχμές σε φυσιολογικές συνθήκες. Κάτω από σταθερές συνθήκες τα άτομα παρουσιάζουν μόνο μια αιχμή, πιθανόν σαν μια προσαρμογή στην ενέργεια διατήρησης.

Η πιθανότητα οι πίννες να κάνουν οικονομία ενέργειας όταν διατηρούν τις βαλβίδες κλειστές, θα έδινε μια εξήγηση για ένα παρατεταμένο κλείσιμο των βαλβίδων (Garcia et al 2006). Περαιτέρω έρευνες θα πρέπει επίσης να αναληφθούν για να μελετηθεί η πιθανή ύπαρξη κυψελοειδών προσαρμογών για την καταστολή του μεταβολισμού μετά από επίδραση εξωγενών περιβαλλοντικών διαταραχών (π.χ. μειωμένα επίπεδα τροφής ή μείωση της συγκέντρωσης οξυγόνου) σε αυτό το είδος, με σκοπό να περιοριστούν οι δραστηριότητες άντλησης μακρομοριακής σύνθεσης ιόντων από τα κύτταρα της, και του μακρομοριακού κύκλου εργασιών, όπως υποστηρίζουν οι Hand και Hardewig (1996) (Garcia et al 2006). Η δυνατότητα ελέγχου της μεταβολικής δαπάνης κάτω από συνθήκες χαμηλής διάθεσης τροφών κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών περιόδων κλεισίματος των βαλβίδων, θα έδινε μια εξήγηση για την γρήγορη αύξηση των πιννών, καθώς επίσης και για την υψηλή απόδοση τους σε ολιγοτροφικά περιβάλλοντα (Garcia et al 2006).

#### **A.3.4 Μελέτες πληθυσμών των επιβιοτικών ειδών χλωρίδας & πανίδας (*epibionts*) που σχετίζονται με τις πίννες**

Στα θαλάσσια οικοσυστήματα η επιβίωση πολλών ακίνητων (*sessile*) μακροασπόνδυλων ειδών είναι ιδιαίτερα εξαρτημένη από την καταλληλότητα των υποστρωμάτων που αποικίζουν, καθώς απαιτείται η ύπαρξη σκληρών δομών. Εξαιτίας της έλλειψης πετρωδών υποστρωμάτων στους αμμώδεις και λασπώδεις βιοτόπους, ο αποικισμός των επιφανειακών στρωμάτων άλλων θαλάσσιων οργανισμών αποτελεί μια πολύτιμη στρατηγική για την επιβίωση αυτών των ακίνητων όπως επίσης και των κινητών (*motile*) οργανισμών. Σε αυτό το πλαίσιο, μερικά καρκινοειδή και είδη μαλακίων διαδραματίζουν έναν σημαντικό ρόλο παρέχοντας σκληρά υποστρώματα διαβίωσης ώστε να μπορούν να φιλοξενηθούν ποικίλες συναθροίσεις φυτικών και ζωικών οργανισμών (Rabaoui et al 2009).

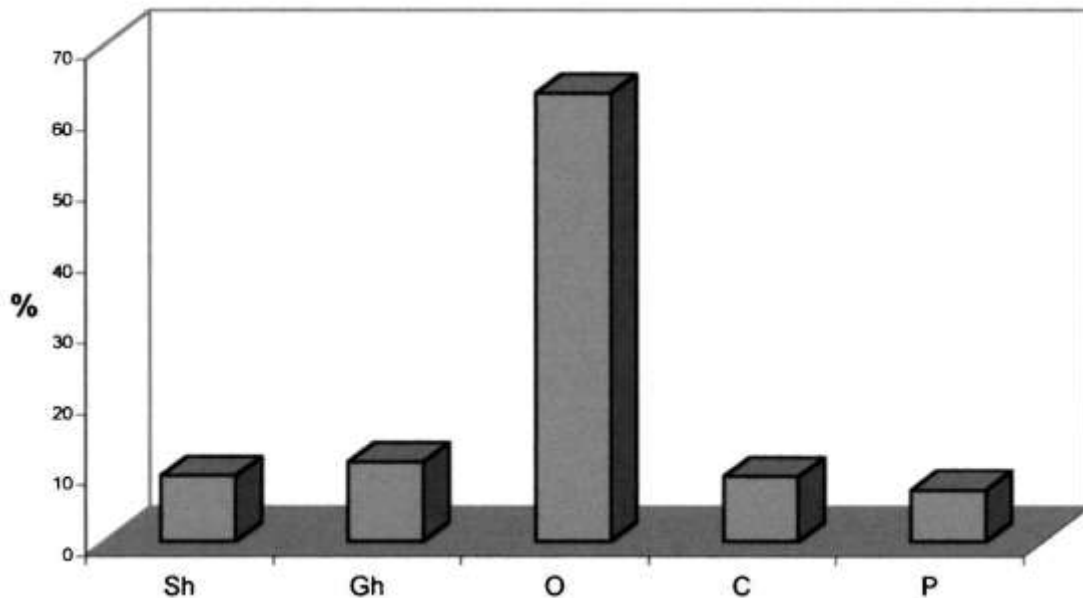
Στα Μεσογειακά θαλάσσια οικοσυστήματα το κοχύλι του είδους *P.nobilis* είναι μία τυπική περίπτωση ενός τέτοιου μαλακίου. Αποτελεί ένα αξιόλογο κέντρο συνάθροισης και ένα σημαντικό βιολογικό υπόστρωμα για πολλά μικρά είδη θαλάσσιας χλωρίδας και πανίδας. Διάφορες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί και έχουν δείξει ότι το όστρακο των *P.nobilis* διαδραματίζει έναν σημαντικό ρόλο παρέχοντας ένα σκληρό υπόστρωμα για μια σύνθετη κοινότητα έμβιων οργανισμών (Rabaoui et al 2009).

Ο Giacobbe & Leonardi (1987) έκαναν μία έρευνα στη Σικελία με σκοπό να περιγράψουν τις κοινότητες μαλακίων που επιβιώνουν πάνω στο όστρακο των πιννών (Salvatore Giacobbe 2002). Έτσι συνέλεξαν 41 δείγματα πιννών από βάθη 20 έως 30 μέτρων. Στη συνέχεια τα δείγματα καταψύχθηκαν για 2 ώρες ώστε οι έμβιοι οργανισμοί (epibionts) να εγκαταλείψουν τα όστρακα., και χρησιμοποιήθηκαν ισχυρές πλύσεις με νερό ή τσιμπιδάκια για την αφαίρεση όσων είχαν παραμείνει προσκολλημένοι στα όστρακα, και αφού διαχωρίστηκαν σε κύριες κατηγορίες διατηρήθηκαν σε διάλυμα φορμαλίνης 5% για περαιτέρω εξέταση. Για κάθε είδος υπολογίστηκαν, ο αριθμός των ατόμων σε κάθε πίννα (abundance), το ποσοστό κάθε είδους σε κάθε πίννα (dominance), και το ποσοστό των πιννών επί των οποίων βρέθηκε το κάθε είδος (frequency).

Βρέθηκαν τελικά 119 είδη (18 δίθυρα και 101 γαστερόποδα), με τα περισσότερα σε διάφορα στάδια ανάπτυξης, που αντιπροσωπεύθηκαν από 2984 άτομα (268 δίθυρα και 2716 γαστερόποδα). Κανένα από τα είδη δεν ήταν παρρόν σε όλα τα δείγματα. Δυο είδη γαστεροπόδων το *Rissoella inflate* και το *Bittium reticulatum* παρουσίασαν τη μεγαλύτερη συχνότητα (frequency) 95%, αλλά και πυκνότητα (abundance) με μέσες τιμές 17.7 και 13.4 άτομα ανά δείγμα, αντίστοιχα. Τρίτο σε συχνότητα είδος ήταν το *Gibbula turbinoides* με μια επίσης υψηλή πυκνότητα 10,5 άτομα /πίννα. Σε όλα τα άλλα είδη η πυκνότητα ήταν πολύ χαμηλότερη, ενώ 66 είδη αντιπροσωπεύτηκαν με 1 άτομο / όστρακο κατά μέσο όρο. Επίσης παρατηρήθηκε ότι η ποικιλία των ειδών αυξάνονταν γραμμικά, παράλληλα με την αύξηση του μεγέθους των κοχυλίων.

Εξετάστηκε επίσης η σύνθεση των ειδών ανάλογα με την τροφική τους συμπεριφορά. Διαπιστώθηκε ότι κυριαρχούσαν τα παμφάγα (omnivores) με ποσοστό μεγαλύτερο από 60%, ενώ οι άλλες τροφικές ομάδες κυμάνθηκαν από 7,24% (παράσιτα) έως 11,23% φυτοφάγα (*herbivore grazers*), (Διαγραμμα 1). Οι Giacobbe & Leonardi (1987) είχαν χωρίσει τα όστρακα σε 5 κατηγορίες μηκών (17–22, 23–28, 29–34 and 35–40 cm), και

διαπίστωσαν ότι τα παμφάγα μαλάκια παρουσίαζαν μία τάση αύξησης της κυριαρχίας τους (*dominance*), ενόσω αύξανε η κατηγορία μεγέθους των κοχυλιών. Αντίθετα η τροφική ομάδα των «suspension feeder» φυτοφάγων, παρουσίαζε μειωτική τάση. Τα σαρκοφάγα και τα παράσιτα παρουσίασαν τις υψηλότερες συχνότητες στην κατηγορία μεγεθών 29-35 cm που ακολουθήθηκε από μια προοδευτική μείωση.



Διάγραμμα 1 Epibiontic κοινότητα μαλακίων (συνολικό δείγμα): **Τροφική δομή.** **Sh**, suspension feeder herbivores (φυτοφάγα αιωρούμενων τροφών); **Gh**, grazer herbivores(φυτοφάγα ); **O**, omnivores (παμφάγα); **C**, carnivores (σαρκοφάγα); **P**, parasites (παράσιτα).( S. Giacobbe 1987)

Η τραχειά επιφάνεια των κοχυλιών του είδους *P.nobilis* ευνοεί την ανάπτυξη μιας σύνθετης δομής πληθυσμών από ζώα και άλγες. Δεδομένου ότι το είδος αυτό αποικίζει συνήθως μαλακά υποστρώματα που καλύπτονται από λιβάδια ποσειδωνίας, η ψηλή συγκέντρωση (περισσότερο από 75%) στο όστρακο του, ειδών που απαιτούν σκληρά υποστρώματα, συμβάλλει στην αύξηση της ποικιλότητας των βενθικών κοινοτήτων. Και αυτό διότι οι κοινότητες των μαλακίων εμπλουτίζονται από μερικά δευτερεύοντα αποθέματα που προέρχονται από τις κοινότητες των μαλακων υποστρωμάτων. Οι ίδιοι ερευνητές παρατήρησαν μια αύξηση της ποικιλίας των ειδών καθώς αυξάνει το μέγεθος των κοχυλιών, την οποία συνεδесαν με την αύξηση των φωτοφιλικών αλγών '*photophilic algae*' (AP). Σύμφωνα με τον Giacobbe (2002), η διαδικασία δόμησης των «epibiontic» κοινοτήτων αναπτύσσεται κατά την διάρκεια μιας μάλλον μεγάλης χρονικής περιόδου, και είναι πιθανόν η παραμονή διαφόρων βοηθητικών ειδών να ευνοείται από την διαδικασία φιλτραρίσματος και διατροφής των *P.nobilis*. Επιπλέον το σύνολο της

τροφικής δομής της κοινότητας θα μπορούσε να επηρεαστεί από μετατροπές του αιωρούμενου οργανικού υλικού μέσω της παραγωγής περιττωμάτων και ψευδοπεριττωμάτων

Εν κατακλείδι αν και το μεγαλύτερο μέρος των «epibiontic» ειδών μαλακίων είναι εξαρτώμενο από φωτοφιλικά άλγη, μια σημαντική στρατολόγηση από μία ευρεία ποικιλία παρακείμενων βιοκοινοτήτων συμβάλλει στην υψηλή αφθονία των ειδών. Η υψηλή ποικιλομορφία ευνοείται από τις πολλαπλές σχέσεις που εμφανίζονται μεταξύ των ειδών, αλλά και με το όστρακο ξενιστή. Επίσης οι βοηθητικοί τροφικοί πόροι που παρέχονται από την μεταβολική δραστηριότητα των πιννών θα ευνοούσαν μια αύξηση στην αφθονία και την ποικιλομορφία των ειδών (Giacobbe 2002).

Οι Addis et al (2009), σε μια έρευνα πληθυσμών πιννών στη Σαρδηνία μελέτησαν και τα επιβιοτικά είδη που διαβιούν στις πίννες. Λήφθηκαν 10 πίννες από κάθε μια από τις τρεις περιοχές δειγματοληψίας που είχαν βάθη από 2-6 μέτρα. Το συνολικό ύψος κάθε οστράκου ήταν μεταξύ 50 – 60 cm. Τα δείγματα «epibionts» δεν αφαιρέθηκαν αλλά φωτογραφήθηκαν και από τις δυο πλευρές των κοχυλίων με αδιάβροχη μηχανή υψηλής ανάλυσης και παρατηρήθηκαν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή όπου και ταυτοποιήθηκαν. Αυτή η μέθοδος επέτρεπε την ταξινόμηση των οργανισμών σε επίπεδο, τάξης, οικογένειας, γένους και είδους. Άλλη ταξινόμηση έγινε σύμφωνα με την μορφολογία των ειδών και καταγράφηκαν οι κατηγορίες σύμφωνα με τα ακρωνύμια τους ως εξής: (1) *filamentous dark algae (DFA)* - νηματώδης σκούρα άλγη, κυρίως κόκκινη άλγη που ανήκει στην οικογένεια *Ceramiales* (2) *filamentous green algae (GFA)*-νηματώδης πράσινη άλγη, τάξη *Cladophorales* (3) *encrusting coralline red algae (ECR)*-κοραλλιογενής κόκκινη άλγη που περιλαμβάνει τα είδη *Lithophyllum sp.* Και *Peyssonnelia spp.*

Μια συνολική επιφάνεια 11500cm<sup>2</sup> φωτογραφήθηκε που αντιστοιχούσε στα 30 δείγματα οστράκων πιννών. Έγιναν 16 ταξινομήσεις ειδών και 3 μορφολογικές αναγνωρίσεις αλγών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι πίννες που βρίσκονταν στις εκβολές των ποταμών αποικίζονται πλήρως από «epibiontic» και καλύπτονταν κυρίως από νηματώδη σκούρα άλγη (*DFA*), σε ποσοστό 72% και από το ευρωπαϊκό επίπεδο στρείδι *Ostrea edulis* σε ποσοστό 15.9%, τα οποία εμφανίστηκαν στο 100% και στο 50% των δειγμάτων αντίστοιχα, ενώ τα ποσοστά τους ήταν χαμηλότερα στις δυο άλλες περιοχές δειγματοληψίας που καλύπτονταν από λιβάδια (57.3% και 16.4% αντίστοιχα) Η

κοραλλιογενής κόκκινη άλγη (*ECR*) βρέθηκε μόνο στις δυο περιοχές με τα λιβάδια και κάλυπτε περισσότερο από 27,6% και 4,9% της επιφάνειας των κοχυλίων (πίνακας 2).

Πιν. 2 Λίστα των «epibiontic» στα όστρακα *P. Nobilis* (Addis et al 2009). (Όπου: Cov %, ποσοστό κάλυψης, f %, ποσοστό συχνότητας κάλυψης).

	Cov %	M <sub>w</sub>	f %	Cov %	M <sub>e</sub>	f %	Cov %	E	f %
<i>Aplidium</i> sp.							0.3		40
<i>Dictyota dichotoma</i>				2.5		10			
<i>Dictyota linearis</i>	12.9		30	10.0		30	5.7		20
<i>Eudendrium racemosum</i>							0.1		40
<i>Flabellia petiolata</i>	0.3		10	0.1		10			10
<i>Hildenbrandia rubra</i>	3.5		40	1.0		10			
<i>Lithophyllum</i> sp.							1.7		20
<i>Murex</i> sp.				0.4		10			
<i>Ostrea edulis</i>	18.3		50	11.6		60	15.9		50
<i>Padina pavonica</i>				0.1		10			
<i>Paracentrotus lividus</i>	0.5		20	0.6		10			
<i>Peyssonnellia</i> sp.							0.2		10
<i>Schizobrachiella sanguinea</i>				0.6		10	1.3		10
Anthozoa				0.1		10			
Cyanobacteria							0.3		10
Serpulidae	0.2		30	0.4		60	0.1		50
DFA	57.3		100	16.4		90	72.1		100
ECR	4.9		50	27.6		60			
GFA	0.4		10				2.4		10
Valves not colonized	1.8			28.7					

Η υψηλότερη αποίκιση κελυφών που παρατηρήθηκε στην περιοχή των εκβολών των ποταμών, από τις νηματοειδής σκούρες άλγες και το ευρωπαϊκό επίπεδο στρείδι *O. edulis* συνδέεται με τους ιδιαίτερα παραγωγικούς βιοτόπους των εκβολών και των ρηχών παράκτιων περιοχών (Addis et al 2009). Μερικά είδη βρέθηκαν αποκλειστικά στην περιοχή των εκβολών όπως τα *Aplidium* sp., *E. racemosum*, *Lithophyllum* sp., *Peyssonnellia* sp., και *Cyanobacteria*. Αλλά και στις δυο περιοχές με τα λιβάδια υπήρξαν επίσης αποκλειστικά είδη μεταξύ των οποίων η κοραλλιογενής κόκκινη άλγη.

Άλλη μια από τις έρευνες που έγιναν για αυτό το γνωστικό αντικείμενο πραγματοποιήθηκε από τους Rabaoui et al (2009) στην Τυνησία. Συλλέχθηκαν 5 ισάριθμα δείγματα πιννών των 30 ατόμων από κάθε μια εκ των 5 συνολικά περιοχών δειγματοληψίας από βάθη που δεν ξεπερνούσαν τα 3 μέτρα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα βρέθηκαν συνολικά 146 είδη να συμβιούν με τις πίννες, που ταξινομήθηκαν σε 76 ακίνητους (*sessile*) και 70 κινητούς (*motile*) οργανισμούς. Τα μαλάκια αντιπροσωπεύτηκαν με το μεγαλύτερο ποσοστό (39.73%), και ακολούθησαν τα

αννελιντα (16.44%), καρκινοειδή (15.07%), ασκιδια (7.53%), σφουγγάρια (6.85%), κνιδάρια (6.16%), εχινοδέρματα (4.79%) και βρυόζωα (3.42%) (πίνακας 3).

Πιν.3 Ποσοστά μεγεθών πιννών και κατηγορίες ειδών, συνομοταξίες, ποσοστό αφθονίας ειδών, συνολικός αριθμός ατόμων που καταγράφηκαν στις 5 μελετώμενες περιοχές ( N1 Echaara, N2 Njila, N3 Sidi Rais, E1 Stah Jaber, E2 Teboulba). (Rabaoui et al 2009)

	E2	E1	N3	N2	N1
Size class structure of <i>Pinna nobilis</i>					
Small (%)	6.67	23.33	50.00	10.00	10.00
Medium (%)	26.67	76.67	46.67	73.33	66.67
Large (%)	66.67	0.00	3.33	16.67	23.33
Number of associated species (S)					
Molluscs (%)	37.54	0.30	40.00	41.86	38.64
Annelids (%)	15.63	19.40	13.33	18.60	13.64
Crustaceans (%)	14.06	13.43	15.56	18.60	20.45
Ascidians (%)	7.81	4.48	8.89	6.98	9.09
Cnidarians (%)	4.69	8.96	4.44	4.65	6.82
Echinoderms (%)	6.25	4.48	6.67	4.65	4.55
Bryozoans (%)	3.13	2.99	2.22	4.65	4.55
Sponges (%)	10.94	5.97	8.89	0.00	2.27
Total species abundance (N)*	730	928	507	636	944
Rare species (%)	60.94	55.22	34.09	46.51	9.09
Not very common species (%)	12.50	16.42	22.73	23.26	27.27
Common species (%)	9.38	7.46	25.00	16.28	45.45
Very common species (%)	0.00	4.48	4.55	4.65	6.82
Constant species (%)	17.19	16.42	13.64	9.30	11.36

\* considering only countable species

Πέντε είδη μαλακίων τα *Arca noae*, *radiata Pinctada*, *Modiolus barbatus*, *ephippium Anomia* και *Pisania striata*, ένας πολύχαιτος (*Neanthes virens*) και ένα εχινόδερμο, απαντήθηκαν και στις πέντε περιοχές δειγματοληψίας. Το κνιδάριο *Actinia equina*, τα αννελίντα *Sabella Pavanina* και *Sabellaria alveolata* και το καρκινοειδές *Pilumnus hirtellus* καταγράφηκαν σε όλες τις δειγματοληπτικές περιοχές εκτός από την E2. Εντούτοις, άλλα είδη είχαν πολύ μικρή συχνότητα και εντοπίστηκαν μόνο σε μια τοποθεσία, όπως συνέβη με τις περιπτώσεις των κνιδαρίων *Sagartiogetum undatum*, *Sagartia elegans*, *Cereus pedunculatus* και *Telmatactis forskali*, τους σπόγγους *Dysidea anara*, *Dysidea tupha*, *Ircinia variabilis*, *Spongia officinalis* *Polymastia mamillaris* και το βρυόζωο *Flustra foliacea*. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα μαλάκια ήταν η τάξη με τα περισσότερα είδη σε όλες τις περιοχές.

Στην έρευνα αυτή των Rabaoui et al (2009) σε αντίθεση με αυτήν των Giacobbe & Leonardi (1987), καταδείχθηκε ότι σαφής επιρροή του μεγέθους των κοχυλίων στην αφθονία των ειδών υπήρχε μόνο σε μια περιοχή στηρίζοντας την άποψη ότι οι

διαστάσεις των κοχυλιών *P.nobilis* δεν παίζουν προεξέχον ρόλο στη διαμόρφωση της δόμησης των επιφανειακών βιοπληθυσμών (Rabaoui et al 2009). Το γεγονός αυτό μπορεί να εξηγηθεί από έναν πρόωρο αποικισμό των ειδών πάνω σε νεαρά και γενικά μικρής ηλικίας *P.nobilis* (Rabaoui et al 2009).

Τα γενικά συμπεράσματα της έρευνας των Rabaoui et al (2009), συνοψίσθηκαν στο ότι τα «epibiontic» εξαρτώνται από το υδρόβιο περιβάλλον στο οποίο απαντούνται οι πίννες (θάλασσα ή λιμνοθάλασσα), και από την γεωγραφική περιοχή και επομένως από τα ιδιαίτερα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα των αντίστοιχων βιοτόπων. Η δομή της επιφανειακής πανίδας ήταν πιο ποικιλόμορφη και ισορροπημένη στους βιότοπους της ανοικτής θάλασσας απ'ό,τι της λιμνοθάλασσας τόσο για τα κινητά (motile) όσο και για τα ακίνητα (sessile) είδη. Παράγοντες που συνδέθηκαν με το περιορισμό των ρηχών παραθαλάσσιων βυθών - όπως οι ετήσιες διακυμάνσεις της κυκλοφορίας των νερών των ωκεανών (thermohaline), οι υδροδυναμικές και οι αλλαγές του νερού - και η διαθεσιμότητα τροφών ήταν πιθανόν οι κύριοι περιβαλλοντικοί παράγοντες που μπορεί να είχαν επιπτώσεις στη δομή των σχετικών «sessile» και «motile» συναθροίσεων σε τοπικό επίπεδο. Από την άλλη πλευρά η επίδραση της γεωγραφικής περιοχής στα «epibiontic» είδη σχετίζεται με τις διαφορετικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε περιοχή, ως αποτέλεσμα των ιδιαίτερων κλιματικών συνθηκών και των ειδικών βιοτικών διαδικασιών των τοπικών ειδών που έχουν δημιουργηθεί στη διάρκεια του χρόνου, διαμορφώνοντας μια ξεχωριστή ποικιλομορφία στα συμβιούντα με τις πίννες είδη. Είναι επίσης αξιοσημείωτο το γεγονός ότι η κινητή «motile» πανίδα ήταν πιο ποικιλόμορφη και ισορροπημένη από την ακίνητη «sessile» πανίδα. Επιπλέον πολλά «motile» είδη φαίνεται να εξαρτώνται από άλλα «sessile» είδη, όπως για παράδειγμα πολλά είδη καρκινοειδών και αννελίντα όπου χρησιμοποιούν τα σφουγγάρια της επιφάνειας των πιννών ως βιοτόπό τους, με συνέπεια να αυξάνεται έτσι η βιοποικιλότητα των ειδών πανίδας που σχετίζονται με τις πίννες.

Σύμφωνα με τους Rabaoui et al (2009), απαιτούνται περαιτέρω έρευνες για να διαλευκανθεί ακόμη περισσότερο και να υπολογιστεί ποσοτικά η συμβολή των πιννών στην βιοποικιλότητα μέσα στα διάφορα οικοσυστήματα που αποικίζουν.



### **A.3.5 Μελέτες οικολογίας - επίδραση των υδροδυναμικών πιέσεων στους πληθυσμούς των πιννών.**

Η υδροδυναμική των θαλάσσιων και των λιμναίων υδάτων καθορίζεται από διάφορους παράγοντες που συντελούν στην δημιουργία των ρευμάτων, όπως ο άνεμος, η ατμοσφαιρική πίεση, οι παλίρροιες υπό την επίδραση του ηλίου και κυρίως της σελήνης σε συνδυασμό με την βαρύτητα, οι χωρικές βαθμίδες της πυκνότητας του θαλασσινού νερού, οι δυνάμεις «Coriolis» λόγω της περιστροφής της γης, και οι κυματισμοί που αναπτύσσονται και διαδίδονται στις παράκτιες λεκάνες (<http://eureka.lib.teithe.gr>). Οι υδροδυναμικές συνθήκες επηρεάζουν την πανίδα που διαβιεί στα υδάτινα οικοσυστήματα και την αναγκάζουν να προσαρμόζει τις φυσιολογικές λειτουργίες της ώστε να εξασφαλίζεται η διατήρηση των διαφόρων ειδών.

Οι πιννες είναι ένα είδος μαλακίου που οι υδροδυναμικές πιέσεις επιδρούν στην οικολογία του διαμορφώνοντας τον προσανατολισμό των κοχυλίων καθώς και την διανομή των μεγεθών στα διάφορα βάθη σε συνδυασμό με τα θαλάσσια λιβάδια (Hendriks et al 2011). Οι πίννες είναι επιβενθικά μαλάκια της υποπαλιρροιακής ζώνης (*subtidal*) και παρουσιάζουν χαρακτηριστική δομή πληθυσμών. Τα μικρά άτομα βρίσκονται συνήθως σε ρηχά ύδατα ενώ τα μεγάλα άτομα παρατηρούνται μόνο σε μεγαλύτερα βάθη ή σε προφυλαγμένες θέσεις. Επίσης, μερικοί πληθυσμοί παρουσιάζουν κοινό προσανατολισμό των κοχυλίων. Αυτά τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα είναι διαδεδομένα σε όλη τη Μεσόγειο. Στις πίννες οι δυο πλάγιες πεπλατυσμένες επιφάνειες του οστράκου εκτίθενται σε υδροδυναμικές πιέσεις (Drag force-Fd) των θαλάσσιων ρευμάτων. Αυτές οι δυνάμεις δρουν στο προεξέχον τμήμα του κοχυλίου και είναι ανάλογες με το μέγεθός του και μπορούν να αποκολλήσουν τα κοχύλια από το υπόστρωμα κατά τη διάρκεια θυελλών, με αποτέλεσμα να τα θανατώσουν (García-March et al. 2007b). Όσο αυξάνονται σε μέγεθος τα κοχύλια τόσο οι δυνάμεις (Fd) μεγαλώνουν αναλογικά.

Η δύναμη αντίστασης των κοχυλίων σχετίζεται με τη σύνδεση των νημάτων του βύσσου, και είναι άγνωστο εάν η δύναμη πρόσδεσης των νημάτων αυξάνει με την αύξηση του μεγέθους των οστράκων. Εάν η δύναμη αντίστασης των κοχυλίων δεν αυξάνεται αναλογικά, καθώς αυξάνει το μέγεθος τους, η επιβίωση των μεγάλων ατόμων και εκείνων με πλευρικό προσανατολισμό των κοχυλίων προς στα ρεύματα του νερού θα διακυβευόταν. Σε μια τέτοια κατάσταση, η υδροδυναμική θα ήταν ένας πιθανός

καθοριστικός παράγοντας της δομής πληθυσμών των *P.nobilis* που θα εξηγούσε αμέσως την χαρακτηριστική διανομή μεγεθών ανάλογα με το βάθος, που θέλει τα μικρά όστρακα να απαντούν στα ρηχά επίπεδα και τα μεγάλα σε βαθύτερες περιοχές. (García-March et al 2006 protocol).

Σύμφωνα με τον Denny (1995), όπως συνοψίζεται από τους (Garcia-Marsh et al 2007), τα χαρακτηριστικά κύματα που αλληλεπιδρούν με τις πίννες περιγράφονται από μαθηματική άποψη με τη γραμμική θεωρία κυμάτων. Σύμφωνα με αυτήν την θεωρία, το νερό κάτω από ένα κύμα κινείται με κυκλικές τροχιές στα βαθύτερα νερά. Όταν όμως τα κύματα φθάνουν στα πιο ρηχά επίπεδα, οι τροχιές ευθειάζονται λόγω της εγγύτητας με το ρηχό βυθό αλλά και την άμεση επαφή με το υπόστρωμα. Έτσι τα κύματα φρενάρουν κατά κάποιο τρόπο και έχουν επιπτώσεις μόνο στις πίννες που βρίσκονται στα ρηχά νερά, ειδικά κατά την διάρκεια πολύ υψηλών κυμάτων. Με την μείωση του βάθους των νερών αυξάνεται η ταχύτητα των παραγόμενων κυμάτων και ταυτόχρονα αυξάνεται και η δύναμη «Fd». Επομένως, για το ίδιο κύμα, η δύναμη «Fd» που ενεργεί στα όστρακα των ρηχών περιοχών είναι ουσιαστικά υψηλότερη από εκείνη που ενεργεί στα όστρακα των βαθύτερων περιοχών.

Οι Garcia-March et al (2007) παρουσίασαν μια μελέτη εξετάζοντας τη σχέση μεταξύ της δομής πληθυσμών των πιννών και της υδροδυναμικής των βιοτόπων. Ο κύριος εξεταζόμενος παράγοντας ήταν η δύναμη έλξης-αντίστασης των οστράκων *Drag force* (Fd) που παράγεται λόγω της ροής του νερού από τα κύματα κατά τη διάρκεια περιόδων ενισχυμένης υδροδυναμικής πίεσης. Οι δυνάμεις έλξης «Fd» που αναπτύσσονται υπολογίστηκαν σε δύο πληθυσμούς πιννών που βρίσκονταν σε διαφορετικά βάθη μέσα στο ίδιο λιβάδι *P.oceanica*. Η μια ομάδα πιννών βρίσκονταν σε βάθος 13 μέτρων (βαθύς πληθυσμός-deep population DP) και η άλλη σε ρηχότερο βάθος 6 μέτρων (ρηχός πληθυσμός-shallow population SP). Επιπλέον, υπολογίστηκαν οι δυνάμεις «Fd» που ενέργησαν στα άτομα κατά τη διάρκεια μια ισχυρής θύελλας που καταγράφηκε στη μελετώμενη ζώνη. Τέλος, έγινε μια προσπάθεια να περιγραφεί η μέγιστη τιμή της δύναμης απόσπασης και να υπολογιστούν το ελάχιστο και μέγιστο όριο των δυνάμεων «Fd» που μπορούν να αντέξουν τα όστρακα.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι παρά την αύξηση της ταχύτητας του νερού στο χαμηλότερο βάθος των 6 μέτρων και την αναλογική τετραγωνική αύξηση των δυνάμεων έλξης που θα αναμενόταν, οι δυνάμεις «Fd» που ασκήθηκαν στα κοχύλια ήταν

μειωμένες. Αυτή η ελάττωση της δύναμης έλξης «Fd» οφείλεται κυρίως στη μείωση του μέσου όρου (κατά 77.2%,) της εκτιθέμενης επιφάνειας των κοχυλιών του μικρότερου βάθους στα ρεύματα σε σχέση με αυτήν που εκθέτουν τα κοχύλια του μεγαλύτερου βάθους των 13 μέτρων, λόγω του μικρότερου μεγέθους, και του ιδιαίτερου προσανατολισμού των οστράκων τους. Αυτή η μείωση της εκτιθέμενης επιφάνειας οφειλόταν κατά 59,1% στο μικρότερο μέγεθος των κοχυλιών και κατά 18,1% στον προσανατολισμό των κοχυλιών, όπου το 80% των ατόμων είχαν κοινή κατεύθυνση. Στη διάρκεια της θύελλας παρουσιάστηκε μια υψηλή θνησιμότητα στους πληθυσμούς των βαθιών νερών (DP), δείχνοντας ότι το μέγεθος και ο προσανατολισμός πολλών ατόμων δεν ήταν επαρκής για να υποστηρίξει μια τέτοια υψηλή υδροδυναμική πίεση. Η θραύση και η αποκόλληση των κοχυλιών ήταν οι αιτίες της θνησιμότητας και σχετίστηκαν με τις πιο υψηλές ταχύτητες νερού, ενώ η εξαγωγή του οργανισμού από το όστρακο ή η βλάβη του μέσα σε αυτό σχετίστηκε με τη συνεχή πίεση των μικρότερης ταχύτητας ρευμάτων νερού που παράγονται κατά τη διάρκεια της θύελλας.

Τα στοιχεία για τα όρια των αντιστάσεων απέναντι στην απόσπαση των κοχυλιών έδειξαν για τα μεν ζωντανά άτομα ένα εύρος τιμών αντίστασης (9-44,8 *Newton*), ενώ για τα νεκρά άτομα (7,4-47 *Newton*) καθορίζοντας έτσι ένα ανώτατο όριο αντοχής απέναντι στην αποκόλληση ενός κοχυλιού στην τιμή των 45 *Newton* περίπου. Αυτό το όριο απόσπασης είναι τρεις φορές μεγαλύτερο από αυτό που υπολογίστηκε από τους Schneider et al το 2005 (13.6 *Newton*), για το είδος *Mytilus galloprovincialis* της μεσοπαλιρροιακής ζώνης (*intertidal*) (Garcia-Marsh et al 2007). Τα είδη της μεσοπαλιρροιακής ζώνης εκτίθεται εναλλακτικά σε αερόβιες συνθήκες, σχεδόν σε ημερήσια ή ημι-ημερήσια βάση, λόγω παλίρροιας (Φωτεινή Πόπολη-Παπαιωάννου 2005), ενώ οι πίννες είναι «subtidal» είδος και διαβιούν σε μεγαλύτερα βάθη. Εντούτοις για να είναι αυτή η τιμή ίση με την δύναμη απόσπασης θα πρέπει η ταχύτητα νερού να είναι 10.8m/sec, ενώ ταχύτητα 1,27 m/sec επαρκεί για να υπερνικήσει τη δύναμη αντίστασης των *Pinna nobilis* στους πληθυσμούς των βαθιών περιοχών (DP). Αυτό σημαίνει ότι οι μικρές αυξήσεις στην ταχύτητα νερού είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες για τις πίννες. Αλλά μικρές διαφορές στο βάθος των νερών δίνουν αφορμή για τέτοιες αυξήσεις στην ταχύτητα νερού (Garcia-Marsh et al 2007).

Το πλεονέκτημα λοιπόν των μεγάλων κοχυλιών να εκμεταλλεύονται τα στρώματα νερού πάνω από το ίζημα χωρίς την ένωση των λοβών του μανδύα, περιορίζεται από μια πολύ

σημαντική αύξηση των δυνάμεων έλξης «Fd» που τα καθιστά ευάλωτα σε αποκόλληση. Το μειωμένο μέγεθος και ο κατάλληλος προσανατολισμός του οστράκου ώστε να αποφεύγεται η έκθεση μεγάλης επιφάνειας στα ρεύματα με μεγάλες ταχύτητες, οδηγούν στο να επιτευχθεί μια τιμή δυνάμεων «Fd» κάτω από το κατώτατο όριο απόσπασης του οστράκου, και είναι ένας από τους λόγους που το βάθος καθορίζει τα μεγέθη και τους προσανατολισμούς των κοχυλιών (Garcia-Marsh et al 2007).

Τα κύματα και ιδιαίτερα τα ισχυρά διαταράσσουν τα ιζήματα στους διάφορους βιότοπους. Οι πίννες απουσιάζουν από περιοχές όπου τα ιζήματα τους υφίστανται έντονες διαταραχές, παρόλο που μια μικρή μερίδα της τροφής των «*Pinnidae*» προέρχεται από βενθικούς μικροοργανισμούς που επαναιωρούνται στο νερό από την δράση των κυμάτων όπως αναφέρουν οι Hipeau και Jacquotte (1972) (Garcia-Marsh et al 2007). Αν και ένα μικρό ποσοστό αιωρούμενου ιζήματος μπορεί να είναι ευεργετικό για τις πίννες, ωστόσο υψηλά επίπεδα ρευστού βενθικού υλικού μπορεί να παρεμποδίσουν την κανονική εισαγωγή μορίων μέσα στα όστρακα, όπως περιγράφεται και για άλλα μαλάκια άλλα και να βλάψουν την αναπνευστική και διατροφική τους ικανότητα (Garcia et al 2008).

Τα θαλάσσια λιβάδια μέσα στα οποία διαβιούν οι πίννες είναι ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να προστατεύσει τους οργανισμούς από την επίδραση των θαλάσσιων ρευμάτων, και να συμβάλλει έτσι στο τρόπο με τον οποίο διανέμονται οι πίννες στο υπόστρωμα. Τα λιβάδια μειώνουν την υδροδυναμική ενέργεια, και παρέχουν υδροδυναμικό καταφύγιο για τα σκληρά επιβενθικά είδη όπως είναι οι πίννες. Το ποσοστό της μείωσης των υδροδυναμικών πιέσεων εξαρτάται από τις ιδιότητες του λιβαδιού, όπως την πυκνότητα των βλαστών και το μήκος των φύλλων (Hendriks και λοιποί. 2008).

Οι Iris E. Hendriks et al (2011), αξιολόγησαν ποσοτικά την επίδραση των λιβαδιών *Posidonia oceanica* στις δυνάμεις έλξης που ασκούνται σε όστρακα πιννών, εξετάζοντας μια σειρά από διαφορετικά μεγέθη κοχυλιών κάτω από την επίδραση 4 ταχυτήτων ροής ίδιας κατεύθυνσης (0.05–0.34 m s<sup>-1</sup>), και 2 συστημάτων ταλαντευόμενου νερού. Αξιολογήθηκαν 3 πυκνότητες λιβαδιών και μια γυμνή επιφάνεια.

Σύμφωνα με τις διαπιστώσεις της έρευνας, σε πληθυσμούς πιννών που εκτίθενται κυρίως σε παλιρροιακά ρεύματα, το λιβάδι θα προστατεύσει τα περισσότερα δίθυρα, μειώνοντας τις δυνάμεις «Fd» ειδικά στα μικρά άτομα των πιο πυκνών λιβαδιών. Στις ζώνες όπου κυριαρχεί το κύμα, το λιβάδι μειώνει τις δυνάμεις έλξης για δίθυρα που εκθέτουν μικρή επιφάνεια κοχυλιού εύρους 0,013 έως 0,028 τμ, ενώ άτομα με μεγαλύτερες θυρίδες δέχονται υψηλότερες δυνάμεις έλξης μέσα στο λιβάδι. Αυτός ο μέσος όρος εμβαδού εκτιθέμενης επιφάνειας του κοχυλιού αντιστοιχεί σε μια προεξοχή του οστράκου από το ίζημα ύψους 0,16 m, δηλαδή πολύ κοντά - κατά 85% - στην τιμή του μέσου όρου υψών των φύλλων της ποσειδωνίας (0.19 m) των λιβαδιών του πειράματος, και συγκριτικά περίπου ίσος με το ύψος του θόλου του λιβαδιού που δημιουργείται με την κάμψη των φύλλων υπό την επίδραση των ρευμάτων. Ως εκ τούτου, το πειραματικό μέγεθος κατώτατων ορίων ύψους των πιννών για να έχουν προστασία από τη θαλάσσια χλόη, είναι ισοδύναμο με το ύψος των θόλων των λιβαδιών. Αντίθετα τα μεγάλα άτομα που προεξέχουν του θόλου στερούνται την προστασία του, και είναι έτσι πιά ευάλωτα στην πρόκληση βλαβών από τα κύματα, ειδικά κατά το τέλος του χειμώνα όπου το ύψος των φυτών είναι πιο χαμηλό, σύμφωνα με τους Gobert et al (2006), σε αντίθεση με το καλοκαίρι όπου η υδροδυναμική πίεση είναι χαμηλότερη καθώς αυξάνεται η πυκνότητα των φυτών και το ύψος των θόλων και η ένταση των θυελλών είναι ασθενής (E. Hendriks et al 2011). Η προστασία που παρέχεται από τα λιβάδια *P.oceanica* στις πίννες απέναντι στις υδροδυναμικές πιέσεις μπορεί να εξηγήσει τη διανομή των μεγεθών των πληθυσμών που παρατηρείται, κατά την οποία τα μικρά άτομα αποικίζουν ρηχές περιοχές και μέσα στα λιβάδια, ενώ τα μεγάλα άτομα απαντούνται σε βαθύτερες περιοχές ή σε προφυλαγμένες θέσεις (García-March 2005).

Επίσης από τα αποτελέσματα του πειράματος των Iris E. Hendriks et al (2011), δείχθηκε ότι κάτω από ομοιόμορφες συνθήκες ροής, στα λιβάδια υψηλής πυκνότητας, μειώθηκαν οι δυνάμεις έλξης στα μεγάλα κοχύλια αλλά η μείωση ήταν χαμηλή στις χαμηλές ταχύτητες και σε μέση πυκνότητα βλαστών, ενώ σε υψηλές ταχύτητες ροής, τα μεγάλα κοχύλια έπασχαν από τις αυξημένες δυνάμεις έλξης εξαιτίας της κάμψης των φυτών και των αυξημένων ταχυτήτων ροής πάνω από το θόλο. Αυτή η αύξηση στην ταχύτητα ροής οφείλεται στο γεγονός ότι το νερό της θάλασσας είναι ένα ασυμπίεστο ρευστό, και ισχύει ότι η ποσότητα όγκου ροής, καθορίζεται από τη συνολική ταχύτητα του ρευστού που περνά μέσω μιας δεδομένης διατομής- περιοχής, και η ποσότητα αυτή διατηρείται (Hendriks et al 2010). Ως εκ τούτου, εάν υπάρχει μείωση ροής μέσα στο θόλο, προκειμένου να ικανοποιηθεί αυτή η αρχή, η ροή θα επιταχυνθεί πάνω από το θόλο. Οι

υδροδυναμικές δυνάμεις μειώνονται εκθετικά με την αύξηση του βάθους, ενώ παράλληλα μειώνεται και η πυκνότητα των θαλάσσιων λιβαδιών. Αντίθετα όμως το μέγεθος των διθύρων αυξάνεται με την αύξηση του βάθους. Η αυξημένη πυκνότητα των βλαστών της ποσειδωνίας στα ρηχά νερά μπορεί να βοηθήσει στην αντιστάθμιση των μεγαλύτερων δυνάμεων έλξης που ασκούνται στον οργανισμό, και να προστατευσει έτσι αποτελεσματικά τα μικρού μεγέθους κοχύλια που καλύπτονται από το θόλο της. Αντίθετα τα μεγάλα κοχύλια λόγω μεγέθους, δεν ωφελούνται από τη μείωση των υδροδυναμικών πιέσεων που παρέχεται από τα λιβάδια ποσειδωνίας και επομένως περιορίζονται σε μια σειρά βαθών όπου οι δυνάμεις έλξης είναι χαμηλότερες (Hendriks et al 2010).

Τα θαλάσσια λιβάδια εκτός του ότι παρέχουν ένα καταφύγιο για τις πίννες προστατεύοντάς τις από τις υδροδυναμικές πιέσεις, μπορεί να αποτελούν για αυτά έναν σημαντικό βιότοπο, καθώς η ανάπτυξη των πιννών μέσα σε αυτά ενδεχομένως να ενισχύεται από τις αυξημένες ιζηματώδεις ροές (Hendriks et al 2008), και τα φορτία «seston» (Duarte et al 1999), ως αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ του θόλου των λιβαδιών και των μορίων που υπερίπτανται, οι οποίες μπορούν να αυξήσουν τη προσφορά τροφίμων υποστηρίζοντας αυτά τα μεγάλα δίθυρα (E. Hendriks et al 2011). Επιπλέον, οι πίννες όταν περιορίζονται κάτω από τους θόλους πυκνών λιβαδιών από *Pocidonia oceanica*, μπορούν να κρυφτούν από τους θηρευτές τους, και έτσι να προστατευθούν από τις επιθέσεις τους (E. Hendriks et al 2011).

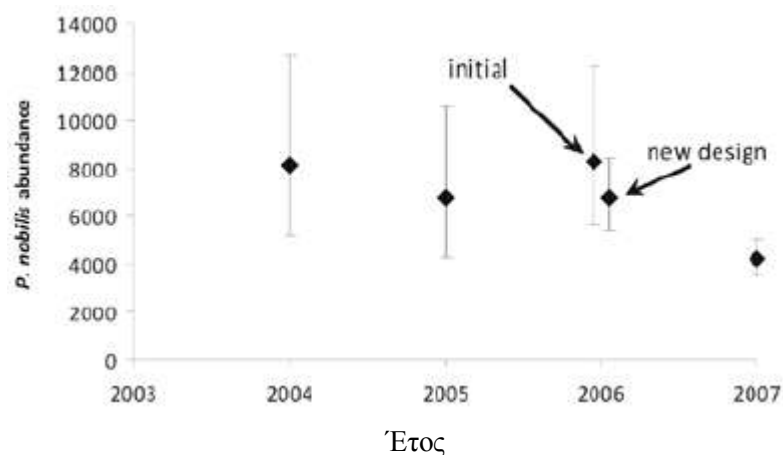
Γίνεται σαφές από τα παραπάνω η ευεργετική επίδραση των θαλάσσιων λιβαδιών στους πληθυσμούς των πιννών. Παρόλαυτά όμως παρατηρείται μια μείωση των λιβαδιών παγκοσμίως σύμφωνα με τους Waycott et al. (2009), που περιλαμβάνει την μείωση της πυκνότητας των βλαστών σε τέτοιο βαθμό ώστε το ύψος των θόλων δεν είναι αρκετό ώστε να μειώσει τις υδροδυναμικές πιέσεις καθιστώντας τα δίθυρα ευάλωτα στη δράση υψηλών κυμάτων (E. Hendriks et al 2011).

#### **A.3.6 Μελέτες δομής πληθυσμών και βιοτόπων των πιννών.**

Διάφοροι ερευνητές στην περιοχή της Μεσογείου έχουν πραγματοποιήσει μελέτες εστιάζοντας στην διερεύνηση της δομής των πληθυσμών όσον αφορά στη πυκνότητα, στη διανομή, στο μέγεθος καθώς και στις διάφορες παραμέτρους βιοτικές και αβιοτικές

που επηρεάζουν την εγκατάσταση και την επιβίωση αυτού του είδους. Ο βιολόγος Κατσανεβάκης στο 9ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας (2009) παρουσίασε μια σειρά ερευνών που έγιναν κατά τα έτη (2004-2007) για τις πίννες στη λιμνοθάλασσα Βουλιαγμένη στην περιοχή του Κορινθιακού κόλπου όπου εξετάστηκαν η πυκνότητα των πληθυσμών η διανομή τους στο χώρο, το μέγεθος, ο ρυθμός αύξησης, και οι σχέσεις των οργανισμών με τους περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Ο υπολογισμός της ηλικίας έγινε σε συσχέτιση με την μέτρηση του μέγιστου προσθοπίσθιου πλάτους των κοχυλίων. Οι μετρήσεις έγιναν σε δειγματοληπτικές περιοχές με την εφαρμογή της μεθόδου «trasect lines» (Κατσανεβάκης 2007), σε τυχαία επιλεγόμενες θέσεις και μελετήθηκαν οι πίννες σε 15 βαθυμετρικές ζώνες από 2, 4, 6, ..., 28, έως και τα 30 m βάθος. Σε κάθε βάθος τοποθετήθηκε μια γραμμή 200m και μετρηθήκαν τα όστρακα σε 2 μέτρα απόσταση εκατέρωθεν της γραμμής, σε συνολικό εμβαδό 800τ.μ Το 2007 οι αποστάσεις εκατέρωθεν της γραμμής αυξήθηκαν στα 5 μέτρα και οι περιοχές δειγματοληψίας από 18 σε 20. Επίσης τα έτη 2006-2007 χρησιμοποιήθηκαν νέα στατιστικά μοντέλα υπολογισμού της πυκνότητας πληθυσμών. Μετρήθηκαν οι πίννες στα αντίστοιχα βάθη και η απόσταση τους από την κεντρική γραμμή, και δόθηκαν συντεταγμένες για κάθε άτομο. Τα αποτελέσματα πυκνοτήτων πληθυσμών παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 2. Ετήσιες ποσότητες (abundance) πιννών για τα έτη (2004 – 2007) στη λίμνη Βουλιαγμένη (Κορινθιακός κόλπος). Για κάθε εκτίμηση αντιστοιχεί ένα διάστημα εμπιστοσύνης 95%. (Κατσανεβάκης 9ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας 2009)



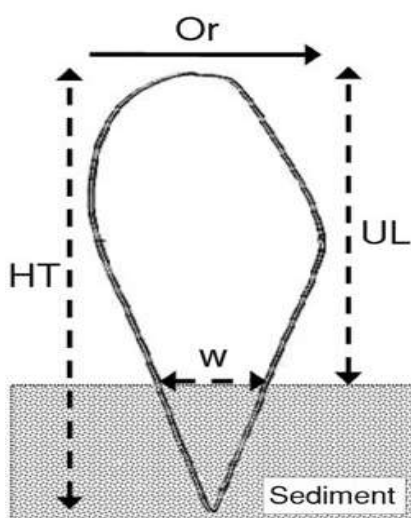
Τα αποτελέσματα όσον αφορά στο έτος 2006 ανέδειξαν μια πυκνότητα πληθυσμών  $8501 \pm 4395$  ατόμων, η μεγάλη τυπική απόκλιση προέκυψε κυρίως από τη διαφορά στις πυκνότητες των μικρών ατόμων και ειδικά της ζώνης 3 έως 5 μ. Περίπου τα μισά άτομα είχαν ηλικία μικρότερη του ενός έτους, και τα περισσότερα από αυτά βρέθηκαν σε χαμηλό βάθος από 1 έως 3 μέτρα. Τα πιο ενήλικα άτομα παρουσίασαν τις μεγαλύτερες πυκνότητες στη βαθυμετρική ζώνη 11 έως 13 μ. Καμία πίννα δεν βρέθηκε σε βάθος μεγαλύτερο από 22 μ. Η απουσία μεγάλων ατόμων στα ρηχά ύδατα μπορεί εν μέρει να εξηγηθεί με την παράνομη αλιεία. Στη λίμνη ήταν απολύτως απόν τα λιβάδια θαλάσσιας χλωρίδας, και παρόλαυτά οι πληθυσμοί ήταν υψηλοί, κατά συνέπεια οι πίννες δεν απαιτούν θαλάσσια χλωρίδα όπως δηλώνεται από πολλούς συγγραφείς και μπορούν να βρίσκονται σε υψηλές πυκνότητες και σε γυμνές από θαλάσσια χλωρίδα περιοχές με μαλακά ιζήματα. Το βάθος επίσης ήταν ένας σημαντικός παράγοντας που επηρέαζε την διανομή των πληθυσμών. Οι πυκνότητες μειώνονταν με την αύξηση του βάθους με εξαίρεση μια κορύφωση του αριθμού των μεγάλων ατόμων στο βάθος των 12 μέτρων, και σε βάθη μεγαλύτερα από 22 μέτρα οι πίννες απουσίαζαν παντελώς. Πιθανή εξήγηση για το φαινόμενο αυτό ίσως είναι οι χαμηλές θερμοκρασίες που επικρατούν καθόλη την διάρκεια του έτους στις βαθιές περιοχές και η μείωση του ανεφοδιασμού τροφής που προκύπτει από τις έντονες θερινές θερμοκλίκες. Στην έρευνα αυτή υπήρξαν στοιχεία θνησιμότητας των μεγάλων ατόμων στα ρηχά ύδατα οφειλόμενη στην παράνομη εξαλίευση από δύτες οι οποίοι κυρίως επιχειρούν για τα δίθυρα *Pecten jacobaeus*, *Lithophaga lithophaga* (επίσης προστατευμένο είδος), και το *Arca noae*. Επειδή ο έλεγχος από τις αρχές δεν επαρκεί και οι περισσότεροι κάτοικοι είναι απληροφόρητοι για τη νομοθεσία που διέπει αυτό το προστατευόμενο δίθυρο, η παράνομη αλιεία συνεχίζεται. Λαμβάνοντας υπόψη τη χαμηλή ορατότητα (συνήθως  $\leq 10$  μ), οι δύτες γενικά περιορίζονται στα ρηχά βάθη. Και επειδή αυτοί συλλέγουν σχεδόν αποκλειστικά τα μεγάλα άτομα, η θνησιμότητα λόγω εξαλίευσης μπορεί εν μέρει να εξηγήσει τις χαμηλές πυκνότητες των μεγάλων ατόμων στις ρηχές περιοχές.

Η έρευνα αυτή δείχνει ότι τα πιο νεαρά άτομα υπάρχουν στα ρηχά νερά και από τα στοιχεία μπορούν να προταθούν διαφορές υποθέσεις. (1) Δυο βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τον αποικισμό πολλών ειδών διθύρων είναι ο τύπος του ιζήματος και οι υδροδυναμικές συνθήκες που άπτονται στο ίζημα. Η υψηλή περιεκτικότητα σε λάσπη μπορεί να έχει αρνητικά αποτελέσματα στην αναπνοή και την διατροφή. Στη λίμνη βουλιαγμένη όπου έγινε η έρευνα οι βαθύτερες περιοχές είναι πιο ιλυώδεις, και το

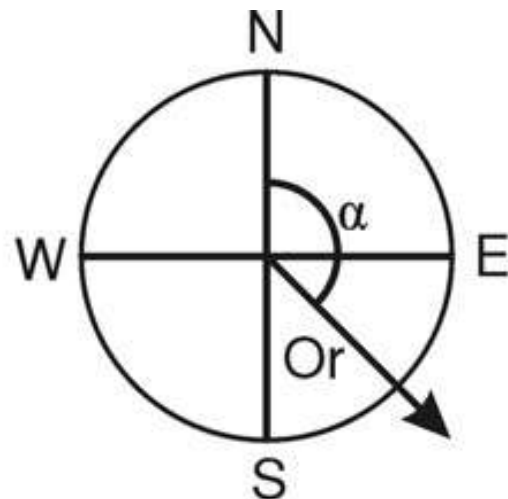
ποσοστό ιλύος είναι μικρότερο από 1% σε περιοχές με <10 m βάθος ενώ ξεπερνά το 30% σε περιοχές με βάθος >30m. Ο πιο χονδρόκοκκος άμμος ( $-1 < M_{d\phi} < 2$ ) στις ρηχότερες περιοχές μπορεί να παρέχει πιο κατάλληλο υπόστρωμα για τον εποίκισμό και την επιβίωση των προνυμφών *P.nobilis*. (2) Κατά την περίοδο του τέλους του καλοκαιριού και αρχών του φθινοπώρου όπου αντιστοιχεί στην αιχμή της αναπαραγωγικής περιόδου των πιννών (Richardson et al 1999), υπάρχει μια ισχυρή θερμοκλίνη μεταξύ 10 και 20 m. Υπάρχει η υπόθεση ότι τα νεαρά άτομα οστράκων που αναπτύσσονται σε θερμικώς στρωματοποιημένα νερά μπορούν να μεταφερθούν κατά μήκος της ασυνέχειας των στρωμάτων από τα επικρατούντα ρεύματα και μπορούν να παρουσιάσουν τις αιχμές αποικισμού εκεί όπου η ασυνέχεια διακόπτεται με τον πυθμένα της θάλασσας. Ως εκ τούτου, η ισχυρή θερμοκλίνη στη λίμνη Βουλιαγμένη μπορεί να ευνοήσει την τακτοποίηση των προνυμφών *P.nobilis* στα ρηχά, θερμά κατώτατα σημεία της λίμνης. (3) Στα δίθυρα, τα ενήλικα άτομα μπορούν να επηρεάσουν τον εποίκισμό νέων οργανισμών κυρίως μέσω της κατάποσης των προνυμφών, εάν τέτοιοι ανταγωνισμοί εμφανίζονται μεταξύ των πιννών, μπορεί να συμβάλλουν στον χωροταξικό διαχωρισμό των μικρών και μεγάλων ατόμων. (4) Τό μέγεθος των θηρευτών στη λίμνη μπορεί επίσης να συμβάλλει στο βαθυμετρικό διαχωρισμό μικρών και μεγάλων κοχυλιών. Οι πυκνότητες των πιννών δεν συνδέθηκαν με το μεσαίο μέγεθος κόκκων, και οι οργανισμοί ήταν παρόντες σε ιζήματα από πολύ χονδρόκοκκη άμμο ( $-1 < M_{d\phi} < 0$ ) έως πολύ ψιλή άμμο ( $3 < M_{d\phi} < 4$ ) η βούρκο ( $4 < M_{d\phi} < 8$ ). Εντούτοις υπήρχαν υψηλότερες πυκνότητες μικρών ατόμων σε φτωχά ταξινομημένα εδάφη (poorly sorted sediments) ( $QD_{\phi} > 1.0$ ) από ότι σε μέτρια ταξινομημένες περιοχές (moderately sorted areas) ( $0.5 < QD_{\phi} < 1.0$ ), και πυκνότεροι πληθυσμοί σε περιοχές με χαμηλό κύμα και μικρή ένταση ρευμάτων καθώς και σε ετερογενή ιζήματα.

Μια πρόσφατη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο νότιο τμήμα του κόλπου του Oristano της δυτικής Σαρδηνίας στην Ιταλία από τους Corra et al (2010), εστιάστηκε επίσης στην πυκνότητα πληθυσμών στη δομή και χωροταξική διανομή τους καθώς και στο ποσοστό ενταφιασμού των κοχυλιών, στον προσανατολισμό τους, και στην καταγραφή του ποσοστού των νεκρών ατόμων. Επίσης μελετήθηκε η επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων (δηλ. τύπος βιότοπων, κάλυψη λιβαδιών, πυκνότητα βλαστών χλωρίδας και πυκνότητα υποστρωμάτων). Η πυκνότητα κάλυψης από τα θαλάσσια λιβάδια αξιολογήθηκε για το εύρος βαθών 2 έως 5 μέτρα, και η εκτίμηση

έγινε με τη μέτρηση των βλαστών σε 10 τετράγωνα επιφάνειας 50X50cm από κάθε περιοχή δειγματοληψίας και ο μέσος όρος όλων των τετραγώνων μετατράπηκε σε τιμή ανά τ.μ. Οι περιοχές δειγματοληψίας ήταν 20, κάθετες προς την ακτή, συνολικού εμβαδού 1600 τ.μ. η κάθε μια. Για κάθε δείγμα πίννας καταγράφηκαν οι γεωγραφικές συντεταγμένες και μετρήθηκε το ελάχιστο προσθοπίσθιο πλάτος ( $w$ ) και το άταφο ύψος ( $UL$ ) για τον υπολογισμό του συνολικού ύψους ( $HT$ ) (Εικ.18) κάθε ατόμου χρησιμοποιώντας την εξίσωση :  $HT = (1.79 w + 0.5 \pm 0.2) + UL$ . Αυτός ο τύπος θεωρήθηκε κατάλληλος για τους πληθυσμούς σε διάφορες περιοχές (Siletic&Peharda, 2003). Ο προσανατολισμός ( $Or$ ) των κοχυλίων καθορίστηκε χρησιμοποιώντας μια αδιάβροχη πυξίδα και εξετάζοντας τη γωνία που σχηματίζεται από το διάνυσμα της κατεύθυνση ( $Or$ ), και το μαγνητικό βορρά (Εικ.19). Το επίπεδο ενταφιασμού των κοχυλίων υπολογίστηκε ως ποσοστό της διαφοράς μεταξύ του κατ' εκτίμηση συνολικού ύψους ( $HT$ ) βάση της εξίσωσης, και του «in situ» μετρημένου άταφου ύψους  $UL$ .



Εικ. 18. Μετρούμενες διαστάσεις πιννών



Εικ. 19 Προσανατολισμός κοχυλίων

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων ανέδειξαν έναν συνολικό πληθυσμό 310 ζωντανών ατόμων που αντιστοιχούσε σε  $1 \pm 0.2$  άτομα/100<sup>2</sup> (μέσος όρος + τυπική απόκλιση) πυκνότητα πληθυσμών. Μία εκτίμηση που συμφωνεί με τις συνήθεις τιμές που βρίσκονται στους Μεσογειακούς πληθυσμούς (Siletic& amp Peharda, 2003). Εντούτοις τα αποτελέσματα είναι περισσότερο από 6 φορές χαμηλότερα από εκείνα που λήφθηκαν από τους Addis et al. (2009) στον ίδιο κόλπο (6.3 άτομα/ 100 m<sup>2</sup>). Στη βιβλιογραφία σχετικά με άλλες περιοχές, οι πυκνότητες που καταγράφονται κυμαίνονται από 0.001

(Centoducati et al., 2007) έως 600 άτομα/100 m<sup>2</sup> (Addis et al 2009). Αυτή η υψηλή μεταβλητότητα θα μπορούσε να εξηγηθεί από την αθροισμένη διανομή που παρουσιάζει αυτό το είδος, όπως και από την μεροληψία των εκάστοτε δειγματοληψιών (Addis et al 2009). Η πυκνότητα μπορεί να υπερεκτιμηθεί όταν αποκλείονται οι περιοχές δειγματοληψίας χωρίς δείγματα πιννών από τη μέση εκτίμηση ή όταν συμπίπτει η ερευνώμενη περιοχή με τα μικρά τμήματα περιοχών που έχουν τις πιο υψηλές πυκνότητες (Galinou-Mitsoudi et al., 2006 Centoducati et al., 2007). Όταν τα υπό μελέτη είδη είναι διανεμημένα σε μάζες όπως συμβαίνει με τις πίννες, η επιλογή μιας κατάλληλης περιοχής για εξέταση και μιας κατάλληλης μεθόδου δειγματοληψίας είναι ουσιαστικές για την καταγραφή της πυκνότητας και της διανομής των ατόμων με ακρίβεια.

Τα αποτελέσματα της έρευνας των Coppa et al to (2010) έδειξαν επίσης ότι η πυκνότητα των κοχυλιών διέφερε μέσα στα υποστρώματα καθώς 182 δείγματα βρέθηκαν στην άκρη της χλωρίδας *P.oceanica*, σημειώνοντας τη μεγαλύτερη πυκνότητα σε αυτή την οριακή ζώνη. Τα νεκρά ανόργανα υποστρώματα φιλοξένησαν μεγαλύτερες πυκνότητες (3.8 άτομα./ 100 m<sup>2</sup>) από ότι τα λιβάδια *P.oceanica* (0.3 άτομα./ 100 m<sup>2</sup>) ή η άμμος (0.1 άτομα./100 m<sup>2</sup>). Η χλωρίδα *P.oceanica* επιτρέπει ένα στερεό αγκυροβόλιο και μια αποτελεσματική προστασία των πιννών (Garcia-March, 2004), αντίθετα από τη γυμνή άμμο. Οι οριακές ζώνες, εντούτοις, θα μπορούσαν να είναι ένας καλός συμβιβασμός μεταξύ της ανάγκης για ένα ορισμένο επίπεδο προστασίας και της ανάγκης για αποδοτικότερη δραστηριότητα φιλτραρίσματος. Όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία, οι οργανισμοί που τρέφονται με αιωρούμενη τροφή και ζουν κατά μήκος των παρυφών των βιοτόπων μπορούν να λαμβάνουν υψηλότερες ποσότητες ρευστών τροφών σε σύγκριση με εκείνους που ζουν στο εσωτερικό μέρος των λιβαδιών (Coppa et al to 2010). Η ίδια χωροταξική διανομή παρατηρήθηκε και από τους Bologna & Heck, (1999) στην έρευνα τους για την πυκνότητα του είδους *Argopecten irradians* σε θαλάσσια λιβάδια στη Φλώριδα. Τα όστρακα ήταν σημαντικά αφθονότερα στις άκρες των λιβαδιών από ότι στο εσωτερικό τους (Coppa et al 2010).

Σχετικά με τους προσανατολισμούς των οστράκων, σε δυο από τις υποπεριοχές μέτρησης είχαν κοινή κατεύθυνση ενώ στην τρίτη ήταν τυχαία κατανεμημένα. Ένας κοινός προσανατολισμός πρέπει να αναμένεται όταν η υδροδυναμική της περιοχής επιδρά στους πληθυσμούς πιννών, και είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με την διευκόλυνση προσληψης θρεπτικών συστατικών (Garcia-March et al., 2007b). Έτσι ο τυχαίος προσανατολισμούς των όστρακων στην μια περιοχή οφείλεται στο ότι δεν δέχεται

κάποια υδροδυναμική πίεση καθώς είναι μια θέση που προφυλάσσεται από το μαΐστρο, τον άνεμο που επικρατεί και φυσά κατά το μήκος των δυτικών ακτών της Σαρδηνίας (Corra et al to 2010).

Τελικά, τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας των Corra et al (2010) δείχνουν ότι, μέσα στο λιβάδι, ο τύπος υποστρώματος, η πυκνότητα βυθού και η πυκνότητα βλαστών είναι οι μεταβλητές που συμβάλλουν κυρίως στον καθορισμό των πραγματικών πυκνοτήτων και των σχεδίων διανομής των πιννών.

Σχετικά με την καταμέτρηση νεκρών ατόμων, τα αποτελέσματα ανέδειξαν ένα ποσοστό 14%. Χαμηλές τιμές θνησιμότητας έχουν καταγραφεί και από άλλους ερευνητές όπως για παράδειγμα από τον Κατσανεβάκη (2007) ο οποίος σημείωσε θνησιμότητα της τάξεως του 4,4% που αντιστοιχούσε σε 7 νεκρά άτομα από 160 δείγματα. Επίσης οι Kozul et al (2011) κατέγραψαν θνησιμότητα 6,6% ή 8 νεκρά άτομα από 120 δείγματα σε ένα πείραμα ρυθμών αύξησης μιας εκτροφής νεαρών πιννων στη νότια Αδριατική. Οι τιμές αυτές είναι χαμηλές αν συγκριθούν με άλλες θέσεις, αν και οι μελέτες που εστιάζουν σε αυτήν την μεταβλητή είναι λίγες. Για παράδειγμα στην περιοχή Mar Grande (θάλασσα Ιονίου) οι Centoducati et al. (2007) κατέγραψαν θνησιμότητα 78,46% που αποδόθηκε στη ρύπανση και στις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις. Επίσης ένα άλλο ποσοστό θνησιμότητας στην περιοχή Moraira στην Ισπανία ανέρχεται σε 44.4% νεκρά άτομα /έτος και οι υδροδυναμικές πιέσεις θεωρήθηκαν ως κύρια αίτια (Garcia-March et al., 2007a). Οι διαφορές στα ποσοστά νεκρών ατόμων που καταγράφηκαν στην έρευνα των Corra et al (2010) μεταξύ των περιοχών δειγματοληψίας θα μπορούσαν να εξηγηθούν από τους τύπους υποστρωμάτων. Αυτό το αποτέλεσμα συμφωνεί με την υπόθεση ότι τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των υποστρωμάτων μπορούν να προκαλέσουν διαφορετικά ποσοστά επιβίωσης. Επίσης οι σημαντικά υψηλότερες τιμές θνησιμότητας που καταγράφονται στην περιοχή Mar morto μπορεί να σχετίζονται με γειτνιάζουσες περιφερειακές λιμνοθάλασσες. Η εισαγωγή λεπτόκοκκου ιζήματος από τις γειτονικές λιμνοθάλασσες στον κόλπο θα μπορούσε να εξηγήσει τη χαμηλότερη πυκνότητα υποστρώματος που καταγράφεται στο Mar Morto Corra et al to (2010). Τα υψηλά επίπεδα περιεκτικότητας σε ιλύ και το αιωρούμενο ιζημα θα μπορούσαν να έχουν συμβάλει στο μεγάλο αριθμό νεκρών δειγμάτων και στην αποτυχία αποικισμού από νέα άτομα σε αυτή την περιοχή, καθώς η υπερβολική φόρτιση των ιζημάτων μπορεί να βλάψει τα επιθήλια των πιννών επηρεάζοντας την αναπνοή τους και την διατροφή (Katsanevakis, 2005 Garcia-March et al., 2008). Εξάλλου το επίπεδο ενταφιασμού των κοχυλίων φαίνεται να επιβεβαιώνει αυτή την υπόθεση. Έτσι η μειωμένη τάση

ενταφιασμού που παρατηρείται σε δυο από τις ερευνούμενες περιοχές Torre Vencchia & Mar Morto είναι η πιθανή απάντηση στην υψηλή περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκα ιζήματα. Αυτή η αντισταθμιστική απάντηση για την αποφυγή των καταστρεπτικών αποτελεσμάτων στα βράγχια θα μπορούσε να οδηγήσει στην αστάθεια των κοχυλιών και κατ'επέκταση στον υψηλότερο αριθμό νεκρών πιννών που βρέθηκαν Coppa et al to (2010). Μια υψηλή ευπάθεια των πιννών που δεν είναι βαθιά θαμμένα μέσα στο ίζημα αναφέρθηκε και από τον Richardson et al. (1999). Οι προηγούμενες διαπιστώσεις θα μπορούσαν να ενισχυθούν και από το γεγονός του μειωμένου ποσοστού κάλυψης από οργανικά και ανόργανα συγκρίματα που συνεισφέρουν σε μια σημαντική αύξηση του επιπέδου ενταφιασμών των κοχυλιών Coppa et al to (2010).

Μία άλλη έρευνα στο γνωστικό αυτό αντικείμενο παρουσιάστηκε από τις Šiletić & Peharda, (2003), όπου μεταξύ άλλων εξετάστηκε η διατήρηση σεσημασμένων κοχυλιών σε χρονική διάρκεια 2 ετών. Η έρευνα έγινε στις λίμνες Malo Jezero & Veliko Jezero του εθνικού πάρκου mljet στην Κροατία, και μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των καλοκαιριών του 1998 και του 2000. Το 1998 σημάνθηκαν 81 άτομα συνολικά με την βοήθεια πλαστικών ετικετών συνδεδεμένων με ράβδους μέσω καλωδίου οι οποίες τοποθετήθηκαν στο ίζημα δίπλα από κάθε πίννα. Το 2000, 57 από τα σεσημασμένα κοχύλια βρέθηκαν και ξαναμετρήθηκαν. Οι οργανισμοί *P.nobilis* για το Malo jezero ήταν σε βάθη 3 έως 15 m μέσα σε λασπώδη άμμο καλυπτόμενη με χλωρίδα *Cymodocea nodosa*, η σε γυμνό λασπώδες υπόστρωμα καθώς η φυτική κάλυψη εκτεινόταν από 3 έως 8 μέτρα. Καμία πίννα δεν καταμετρήθηκε σε βάθος μεγαλύτερο των 15 m. Οι πληθυσμοί βρέθηκαν μειωμένοι στις 3 από τις 4 περιοχές σε σχέση με το 1998. Οι πίννες είχαν την μεγαλύτερη πυκνότητα στα λιβάδια *P.oceanica* σε σχέση με το γυμνό υπόστρωμα και με τις περιοχές που καλύπτονταν από χλόη *Cystoseira Adriatica*. Γενικά ο πληθυσμός των πιννών είχε μια ετερόκλητη διανομή με μια μέγιστη εντόπιση 6 άτομα σε ένα τ.μ. Στην Αδριατική θάλασσα η διανομή των πιννών κυμαίνεται σε νερά βάθους 2 έως 30 m. Στο Malo Jezero οι πίννες έχουν καταγραφεί σε βάθος έως 15m, ωστόσο καταγράφηκε όστρακο στην περιοχή Veliko Jezero σε μέγιστο βάθος 19m. Σε μεγαλύτερα βάθη ο τύπος του υποστρώματος, ο χαμηλός κορεσμός σε οξυγόνο και η πιθανή παρουσία  $H_2S$  μειώνουν τις πιθανότητες ύπαρξης πιννών (Šiletić & Peharda, 2003). Στο Malo Jezero, η πυκνότητα των *P.nobilis* στα λιβάδια *Cymodocea nodosa* εμφανίζεται να είναι η υψηλότερη (φθάνοντας σε 0,2 άτομα

/τ.μ.) από ότι σε άλλες περιοχές της Αδριατικής, όπου η μέση πυκνότητα πιννών είναι περίπου 0,1 άτομα/m<sup>2</sup>. Σε άλλα σημεία της Μεσογείου οι τυπικές πυκνότητες που παρουσιάζονται είναι 0,01 άτομα /m<sup>2</sup>. σαφώς μικρότερες από αυτές στην Αδριατική. Τα αποτελέσματα της έρευνας των Šiletić & Peharda (2003), έδειξαν μια μεγάλη διαφορά στην πυκνότητα πληθυσμών μεταξύ των 2 περιοχών Malo jezero (0,19-0,20 άτομα/m<sup>2</sup>.) και Veliko Jezero (0,03-0,04 άτομα/m<sup>2</sup>) και δεν υπάρχουν ωκεανογραφικά στοιχεία για να εξηγήσουν τη διάφορα. Εντούτοις, είναι γνωστό ότι τα οικολογικά χαρακτηριστικά των κολπίσκων Mljet επηρεάζονται ισχυρά από την περιβάλλουσα χερσαία περιοχή και από την περιορισμένη επικοινωνία με την ανοικτή θάλασσα. Επιπλέον, το Malo Jezero είναι μικρότερο και υπό αυτήν την άποψη επηρεάζεται περισσότερο από την ακτή από ότι το Veliko Jezero. Έχει επίσης μια περιορισμένη ανταλλαγή νερού με την ανοικτή θάλασσα και επομένως ένα υψηλότερο χρόνο διαμονής του νερού. Οι πυκνότητες ζωοπλαγκτού ήταν συνεχώς υψηλότερες μέσα στο Malo Jezero από,τι στο Veliko Jezero, ειδικά κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του καλοκαιριού. Οι παράγοντες που περιγράφονται πιο πάνω οδηγούν ενδεχομένως στη διάθεση περισσότερων πηγών διατροφής για τις πίννες στο Malo Jezero από,τι στο Veliko Jezero και αυτό θα μπορούσε να είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει τη διαφορά στις πυκνότητες.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία η πυκνότητα των πιννών κυμαίνεται μεταξύ 0,001 (Centoducati et al., 2007) έως 600 άτομα /100 m<sup>2</sup> (Addis et al 2009) , αλλά οι τυπικές τιμές βρίσκονται αρκετά χαμηλά (Garcia-March et al., 2007a), και 1 άτομο /100m<sup>2</sup> είναι η ποιο διαδεδομένη τιμή που απαντάται στους Μεσογειακούς πληθυσμούς (Šiletić & Peharda, 2003). Υψηλότερες τιμές πυκνοτήτων έχουν καταγραφεί σε ιδιαίτερους φυσικούς βιότοπους βουρκωδών αλμυρών παράκτιων περιοχών και σε προστατευόμενους κόλπους (Addis et al 2009). Στους πίνακες 4, 5, και 6 παρουσιάζονται προηγούμενες μελέτες του είδους *P.nobilis* στην περιοχή της Μεσογείου με την υψηλότερη πυκνότητα πληθυσμού να ανέρχεται σε 130 άτομα / 100m<sup>2</sup> ενώ η χαμηλότερη σε 0,001 άτομα /100 m<sup>2</sup>



Πιν. 4 Παρουσίαση στοιχείων πληθυσμών από προηγούμενες έρευνες (Addis *et al.*, 2009)

Geographic area	ind/100 m <sup>2</sup>	Substrata	Source
Moraira Bay (Spain)	6-10	<i>P. oceanica</i>	García-March <i>et al.</i> , 2007a
Ionian Sea (Italy)	0.001-0.007	<i>P. oceanica</i> / <i>C. nodosa</i>	Centoducati <i>et al.</i> , 2006
Lake Vouliagmeni (Greece)	1.1	mud	Katsanevakis, 2006
Columbretes Island (Spain)	1.5	<i>Cymodocea</i> spp.	García-March <i>et al.</i> , 2006
Moraira Bay (Spain)	1-12	<i>P. oceanica</i>	García-March <i>et al.</i> , 2005
south Adriatic Sea (Croatia)	2-20	<i>Cymodocea</i> spp.	Siletic and Peharda, 2003
southern Spain	10	—	Templado, 2001
Chafarinas Islands (Morocco)	3.2	—	Guallart, 2000
south-east Spain	4-30	<i>P. oceanica</i>	Richardson <i>et al.</i> , 1999
Kerkennah island (Tunisia)	0.03-0.07	<i>P. oceanica</i>	Tlig-Zouari, 1993
Greece	6	—	Catsiki and Catsikiery, 1992
Adriatic Sea (Croatia)	9	<i>Cymodocea</i> spp.	Zavodnik <i>et al.</i> , 1991
Corse (France)	6	<i>P. oceanica</i>	De Gaulejac and Vicente, 1990
Port Cros Park (France)	1	<i>P. oceanica</i>	Moreteau and Vicente, 1982

Πίνακας 5 Παρουσίαση στοιχείων πληθυσμών από προηγούμενες έρευνες (Galinou-Mitsoudi *et al.*, 2006).

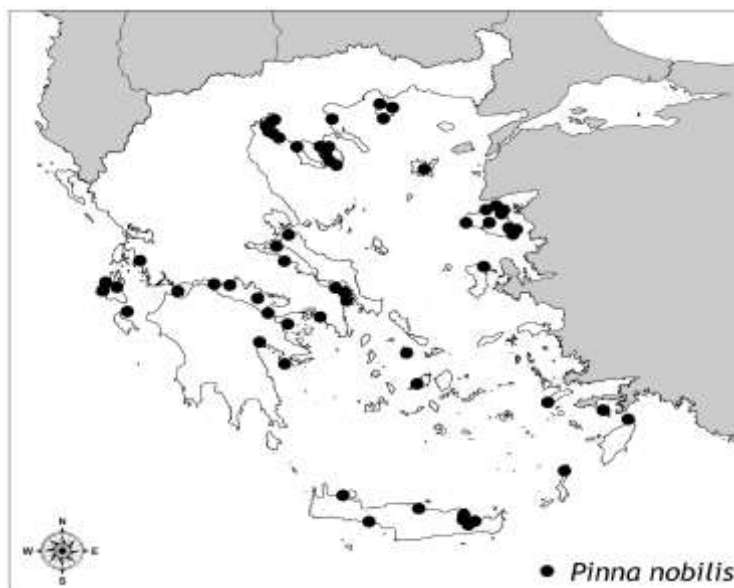
Area	N	Density (ind m <sup>-2</sup> )	Min–Max length / Mean Length ± SD (cm)	Reference
North Adriatic	61	—	10–68	Zavodnik (1967)
Corsica	3 samples / 15 days for a year	—	20–71	de Gaulejac (1995)
South-East Spain (4 sites)	45	0.040–0.300	– 10–58	Richardson <i>et al.</i> (1999)
Ionian Sea	—	0.002–0.080	22.50*	Hames <i>et al.</i> (2001)
Ionian Sea	—	0.080	—	Anonymous (2002)
East Adriatic Sea	47	0.020–0.200	43.88 ± 13.21	Siletic & Peharda (2003)
Korinthiakos Gulf	—	0.047	7.40–75.10	Katsanevakis (2005)
East Thermaikos Gulf	137	—	17.50–62.50 45.20 ± 8.25	Galinou-Mitsoudi & Petridis (2001)
East Thermaikos Gulf	73	0.800–1.300	15.80–69.10 34.35 ± 11.78	Present Study

\* No SD value was provided

Πιν. 6 Παρουσίαση στοιχείων πληθυσμών από προηγούμενες έρευνες (2006-2011)

Περιοχή	Αριθμός ατόμων	Πυκνότητα (ατομα/100 m <sup>2</sup> )	Είδος θαλάσσιας χλωρίδας	Min-max μήκος (cm)	Πηγή
Gulf Oristano (Sardinia)	530	<b>6.3±5.2</b>	P.oceanica Cymodocea nodosa	—	Addis et al (2009)
Mar Grande (Ionian Sea)	14	0.001- 0.007	Posidonia oceanica	4,3 έως87	Gentoducati (2007)
Gulf Oristano (Sardinia)	310	1±0,2	Posidonia oceanica	—	Coopa et al (2010)
South Maliakos gulf (Greece)	97	19,4	Posidonia oceanica	13-72,5	James R., Theodorou J.A., & Hellio C. (2010)

Οι πίννες έχουν αρχίσει να σπανίζουν σε πολλές περιοχές της Μεσογείου, παρόλα αυτά αξιόλογοι τοπικοί πληθυσμοί συνεχίζουν να υπάρχουν στις Ελληνικές θάλασσες (εικόνα 20), ειδικά στον Κορινθιακό, Ευβοϊκό, και Θερμαϊκό κόλπο, στα νησιά Χίο, Λέσβο, Κρήτη, Κάρπαθο, όπως επίσης και στην θάλασσα του Ιονίου (katsanevakis et al 2008)



Εικ. 20 Πληθυσμοί πιννών στην Ελλάδα (katsanevakis 2008)

Μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον προπτυχιακό φοιτητή του τμήματος Βιολογικών επιστημών του πανεπιστημίου του Πόρτσμουθ James Ross (2010), υπό την επίβλεψη του καθηγητού κου Ιωάννη Θεοδώρου, στο Νότιο Μαλιακό κόλπο, ανέδειξε την ύπαρξη αξιόλογου πληθυσμού πιννών και στην περιοχή αυτή. Η διαπίστωση αυτή έδωσε το ερέθισμα για περεταίρω διερεύνηση του πληθυσμού πιννών στην ευρύτερη περιοχή του Μαλιακού κόλπου. Έτσι δόθηκε η αφορμή για να λάβει χώρα και η παρούσα μελέτη η οποία πραγματοποιήθηκε στο Βόρειο Μαλιακό κόλπο και παρουσιάζεται αναλυτικότερα παρακάτω.

#### A.4 Σκοπός της εργασίας

Η συλλογή δεδομένων από αυτή τη μελέτη πληθυσμού των πιννών στο Βόρειο Μαλιακό κόλπο έγινε με σκοπό να φέρει στο φως έναν επιστημονικά άγνωστο πληθυσμό. Στη συγκεκριμένη περιοχή δεν είχε αναληφθεί έως τώρα κάποια επίσημη έρευνα που να περιγράφει τη δυναμική του πληθυσμού για αυτό το είδος δίθυρου μαλακίου. Τα στοιχεία της έρευνας αυτής ενδεχομένως θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στο μέλλον στα πλαίσια της προσπάθειας για την προστασία και τη διατήρηση του είδους.

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε αυτήν την περιοχή είχε τους εξής στόχους:

1. Να εντοπίσει την ύπαρξη και να καταγράψει την πυκνότητα των πιννών στις επιλεγμένες περιοχές δειγματοληψίας.
2. Να υπολογίσει τις ακριβείς διαστάσεις κάθε εντοπιζόμενης πίννας στις περιοχές αυτές
3. Να περιγράψει τον τύπο των θαλάσσιων υποστρωμάτων στις περιοχές δειγματοληψίας, καθώς και τα χαρακτηριστικά των θαλάσσιων λιβαδιών *P.oceanica*, και να διαπιστώσει εάν υπάρχουν σχέσεις μεταξύ αυτών και του πληθυσμού των πιννών.

## **B. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ**

### **B.1. Εισαγωγή**

Η μελέτη ανελήφθει ως αντικείμενο της μεταπτυχιακής διατριβής μου υπό την εποπτεία του καθηγητού κ. Ιωάννη Θεοδώρου, στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος που διενεργεί το τμήμα Κτηνιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας σε σύμπραξη με το τμήμα Ιχθυοκομίας-Αλιείας του Τ.Ε.Ι. Ηπείρου, με θέμα «Υδατοκαλλιέργειες – Παθολογικά Προβλήματα Εκτρεφόμενων Υδρόβιων Οργανισμών».

Στην επιλογή των περιοχών δειγματοληψίας συνετέλεσαν πληροφορίες που συλλέχθηκαν σχετικά με την ύπαρξη πιννών, από τη διεύθυνση Αλιείας της περιφερειακής ενότητας Φθιώτιδας, από το λιμεναρχείο Στυλίδας και από ντόπιους αλιείς. Στη συνέχεια έγινε μια επιτόπια έρευνα σε 8 περιοχές με τα πόδια, χρησιμοποιώντας ειδική αδιάβροχη αλιευτική στολή. Οι περιοχές βρίσκονταν στην παραλιακή ζώνη με μέγιστη απόσταση από την ακτή 60 μέτρα περίπου. Επιλέχθηκαν τελικά 5 περιοχές στις οποίες η ύπαρξη πιννών ήταν εμφανής. Το συνολικό εμβαδόν δειγματοληψίας ήταν 500m<sup>2</sup>. Οι 4 από αυτές αφορούσαν τμήματα της παραλιακής ζώνης από την περιοχή της Αγ.Μαρίνας (περιοχές 1,2) έως την Στυλίδα (περιοχές 3,4) στην προσπάθεια να δοθεί μία κατά το δυνατόν αντιπροσωπευτική εικόνα για τον πληθυσμό των πιννών σε αυτήν την περιοχή. Η περιοχή 5 ήταν σε πιο απομακρυσμένο σημείο σε σχέση με τις προηγούμενες. Το συνολικό εμβαδό των περιοχών δειγματοληψίας είναι μικρό σε σχέση με το συνολικό μήκος της ακτογραμμής του Βόρειου Μαλιακού κόλπου. Θα πρέπει να αναφερθεί επίσης ότι από την δειγματοληπτική περιοχή 4 και ανατολικότερα έως και το χωριό Ράχες οι πίννες απουσίαζαν σε αρκετές περιοχές στα βάθη που εμείς θέλαμε να δειγματίσουμε (0,20-1,20m), όπως ανέφεραν ντόπιοι κάτοικοι και αλιείς και όπως διαπιστώθηκε από επιτόπια έρευνα σε ορισμένα σημεία.

Τις έρευνες αυτές καθώς και τη διενέργεια της δειγματοληψίας διευκόλυνε παρά πολύ το φαινόμενο της παλίρροιας που επικρατεί στο Μαλιακό κόλπο. Όλες οι έρευνες πραγματοποιήθηκαν κατά τις ημέρες που η άμπωτη της παλίρροιας ήταν σε μέγιστη εκδήλωση, γεγονός που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της πανσελήνου καθώς και 2 μέρες πριν και 2 μετά. Ο υπολογισμός των ημερών αυτών έγινε με τη βοήθεια του ετήσιου πίνακα φάσεων της σελήνης (<http://www.astronomia.org.gr>). Έτσι, όλες οι δειγματοληψίες έλαβαν χώρα ενώ το βάθος του νερού κυμαινόταν σε χαμηλά επίπεδα

(0.20-0,90 cm) γιατί σε διαφορετική περίπτωση θα απαιτούνταν εξειδικευμένος καταδυτικός εξοπλισμός τόσο για την διευκόλυνση των μετρήσεων όσο και για την ασφάλεια μας στο υγρό μέσο.

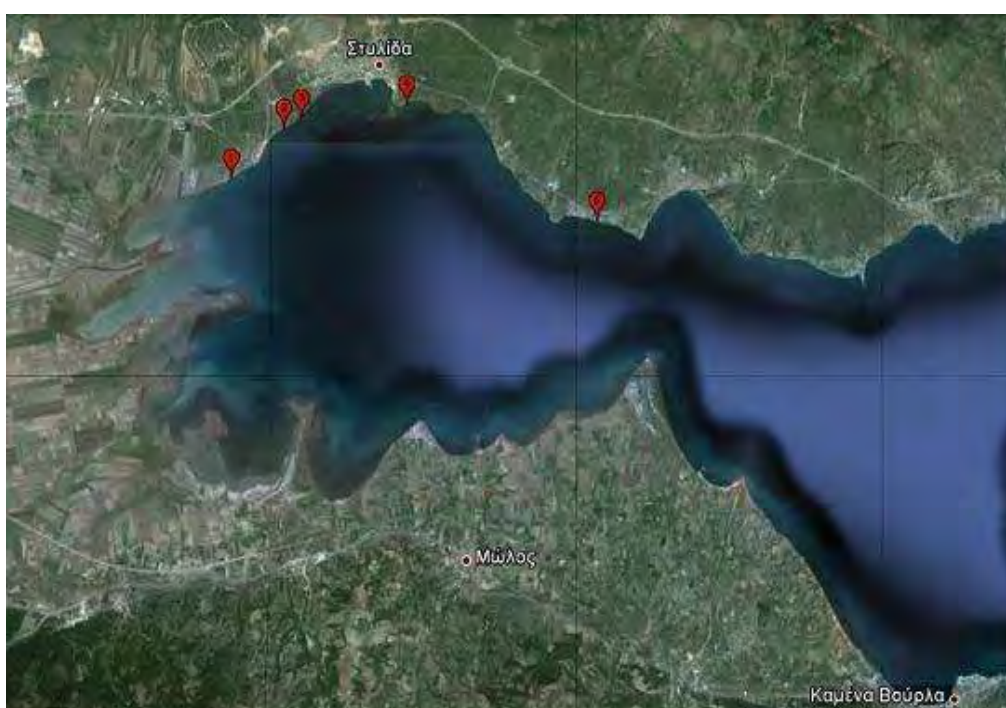
Για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν από αυτήν την έρευνα χρησιμοποιήθηκαν τα πρόγραμμα SPSS, Excel καθώς επίσης και τα *anova*, Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk τεστ.

## **B.2. Ερευνώμενη περιοχή**

Ο Μαλιακός κόλπος βρίσκεται στην ανατολική πλευρά της κεντρικής ηπειρωτικής Ελλάδας (N 38°51'39.82", 22°41'45.54" E) και είναι τμήμα του Αιγαίου πελάγους (εικόνα 21). Αποτελεί μια προεξοχή της θάλασσας στην ξηρά και περιβάλλεται από παντού με βουνά. Η είσοδος του έχει εύρος 2 km περίπου και έχει ανέμους που γενικά πνέουν από ανατολική κατεύθυνση.



Εικ.21: (Αριστερά: Μαλιακός Κόλπος σε σχέση με την Αθήνα)  
(Εικόνα από Google earth)



Εικ 22 Περιοχές δειγματοληψίας 1-5, από αριστερά προς τα δεξιά (εικόνα από Google earth)



### B.3. Περιγραφή των περιοχών

#### B.3.1. Περιοχή 1 (Αγία Μαρίνα )

Η περιοχή αυτή βρίσκεται στη δυτική πλευρά του δημοτικού διαμερίσματος Αγ.Μαρίνα με γεωγραφικές συντεταγμένες του κέντρου δειγματοληψίας N : 38°54,036 και E : 22°35,508. Συνορεύει με εργοστάσιο επεξεργασίας βωξίτη και με γέφυρα φόρτωσης μεταλλεύματος σε πλωτά μέσα, που ανήκουν στην εταιρεία ΕΛΜΙΝ Α.Ε.(εικόνα 23). Η περιβαλλοντική φόρτιση στην περιοχή θα μπορούσε να ληφθεί υπόψιν στην έρευνα που πραγματοποιούμε σε σχέση με τον πληθυσμό των πιννών. Η τεχνητή γέφυρα αποτελεί έναν λιμενοβραχίονα που αλλάζει την υδροδυναμική στην περιοχή παρέχοντας προστασία από την δράση των ανατολικών ανέμων. Το ύψος των βλαστών *P.oceanica* ήταν 10 cm κατά μέσο όρο ενώ η κάλυψη του υποστρώματος ήταν ολική αλλά αραιή. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι υπήρχαν παρακείμενες περιοχές όπου απουσίαζαν τα λιβάδια ποσιδωνείας ολοσχερώς, αλλά οι πίννες ανευρίσκονταν σε παρόμοιους πληθυσμούς πάραυτα. Το βάθος του νερού όπου έγιναν οι δειγματοληψίες κυμάνθηκε από 50-70 cm



Εικ. 23 Περιοχή 1 - Γέφυρα φόρτωσης κλασμάτων βωξίτη

### **B.3.2. Περιοχή 2 (Αγία Μαρίνα)**

Η περιοχή αυτή βρίσκεται στα ανατολικά της Αγ.Μαρίνας και σε απόσταση 1772 m από την προηγούμενη περιοχή. Το ύψος της ποσειδωνίας ήταν 14 cm κατά μέσο όρο, ενώ η κάλυψη του βυθού από αυτήν ήταν αραιή αλλά ομοιόμορφη. Τα δείγματα λήφθηκαν από βάθη 55-100 cm περίπου. Μεταξύ των περιοχών 1 και 2 παρεμβάλλεται το δημοτικό διαμέρισμα Αγ.Μαρίνα με αρκετές ψαροταβέρνες στην παραλία. Ο πληθυσμός των πιννών στην ενδιάμεση αυτή περιοχή ήταν πολύ αραιός πιθανόν λόγω της επίδρασης ανθρωπογενών παρεμβάσεων και έτσι δεν εντάχθηκε στην δειγματοληψία.

### **B.3.3. Περιοχή 3 (Βασιλική)**

Αυτή η περιοχή βρίσκεται ανατολικότερα από την προηγούμενη και σε απόσταση 520 m από αυτή με γεωγραφικές συντεταγμένες N : 38° 54,039' και E : 022° 35,510'. Ορίζεται από τα δυτικά από μια τσιμεντένια επιμήκη κατασκευή μήκους 10 περίπου μέτρων μέσα στην οποία φέρεται αγωγός που απολήγει στη θάλασσα. Ανατολικά η περιοχή συνορεύει με τις εκβολές μικρού ποταμού. Το ύψος των φυτών *P.oceanica* ήταν κατά μέσο όρο 30 cm περίπου και κάλυπτε το υπόστρωμα σχεδόν πλήρως. Το ίζημα είχε αμμώδη-λασπώδη υφή ενώ διάσπαρτα υπήρχαν πέτρες έως και 30cm πάχους περίπου, ανάμεσα στις οποίες ήταν εγκατεστημένες πίννες. Η ακτή αποτελούνταν εξολοκλήρου από ψιλά βότσαλα. Η περιοχή αυτή ήταν η πιο βαθιά από όλες και τα δείγματα λήφθηκαν σε βάθη από 40 έως 1,20 cm.

### **B.3.4. Περιοχή 4 (Καλόγηρος)**

Η περιοχή αυτή βρίσκεται ανατολικά του δημοτικού διαμερίσματος της Στυλίδας και σε απόσταση 1100 m από το λιμάνι. Το κέντρο της περιοχής δειγματοληψίας με συντεταγμένες N: 38°54,351' και E: 22°37,625', είχε την μεγαλύτερη απόσταση από την ακτή ( 55 m) σε σχέση με τις άλλες 4 περιοχές. Η απόσταση της από την προηγούμενη περιοχή δειγματοληψίας είναι 2657m. Η περιοχή ήταν η πιο ρηχή με το βάθος να κυμαίνεται από 20- 45 cm περίπου. Η υφή του υποστρώματος ήταν αρκετά λασπώδης γεγονός που δυσκόλεψε τη δειγματοληψία καθώς σε μερικά σημεία η βάδιση ήταν αρκετά δύσκολη. Το ύψος της ποσειδωνίας ήταν 10 cm κατά μέσο όρο και η κάλυψη του υποστρώματος αραιή γενικά .

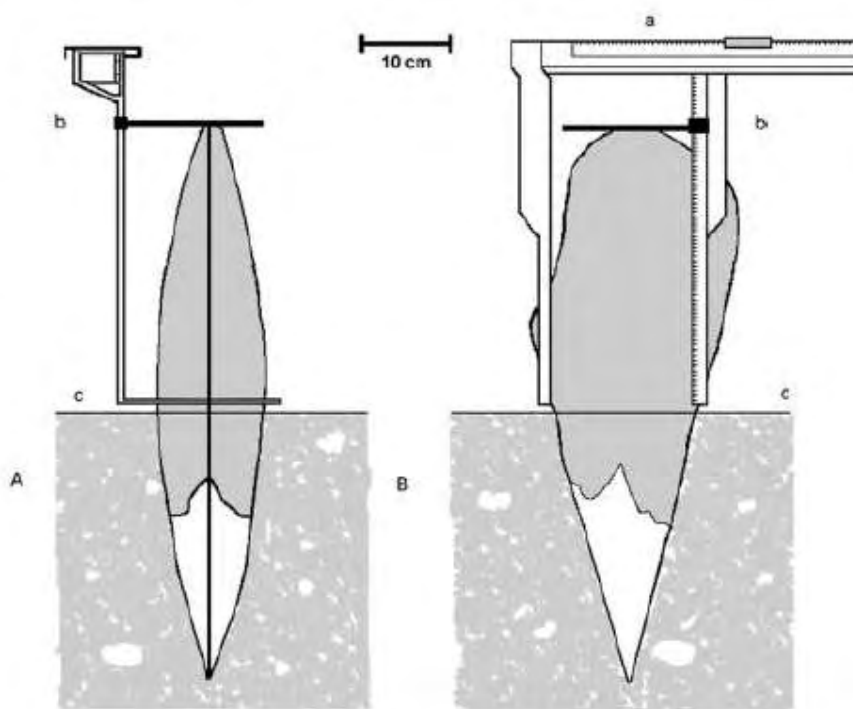
### **B.3.5. Περιοχή 5 (Μαρίνι)**

Αυτή η περιοχή δειγματοληψίας βρίσκεται σε ποιά απομακρυσμένη θέση σε σχέση με τις 4 προηγούμενες και απέχει 5500 m από την περιοχή 4, και αντιστοιχεί σε παραλία που συνορεύει με ξενοδοχειακό συγκρότημα. Έχει γεωγραφικές συντεταγμένες N : 38° 52,847' και E : 22° 40,908'. Από την δυτική του πλευρά οριοθετείται με μικρή τσιμεντένια κατασκευή που εισχωρεί στη θάλασσα δημιουργώντας έναν μικρό κολπίσκο που επηρεάζει την υδροδυναμική στο σημείο αυτό. Το βάθος του νερού ήταν κατά μέσο όρο 75 cm, ενώ το μέσο ύψος *P.oceanica* 25 cm και η κάλυψη του βυθού ήταν μέτρια. Η περιοχή αυτή επιλέχτηκε ώστε να δοθεί μια εικόνα σχετικά με τον πληθυσμό των πιννών σε μια πιο απομακρυσμένη περιοχή σε σχέση με τις προηγούμενες.

### **B.4. Μεθοδολογία μέτρησης των ζωντανών πιννών**

Σε αυτήν τη έρευνα ένας σημαντικός περιοριστικός παράγοντας ήταν η διαθεσιμότητα καταδυτικού εξοπλισμού και ως εκ τούτου η δειγματοληψία διενεργήθηκε όταν τα νερά είχαν πολύ χαμηλό βάθος (0,20-90cm) γεγονός που συνέβαινε κατά τις περιόδους μέγιστης άμπωτης της παλίρροιας. Έτσι η χρήση απλής αδιάβροχης στολής και μάσκας με αναπνευστήρα όπου χρειαζόταν για τη βελτίωση της ορατότητας κάτω από το νερό, ήταν επαρκής για να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις. Ο καθορισμός των τετράγωνων εμβαδών δειγματοληψίας των 100 m<sup>2</sup> στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι έρευνες, έγινε με τη χρήση έγχρωμων ταινιών ορατών μέσα στο νερό. Για την διασφάλιση της ορθής καταμέτρησης των πιννών έγινε κατάτμηση της περιοχής σε 10 παράλληλες λωρίδες μέσα στις οποίες διαδοχικά γίνονταν οι μετρήσεις.

Οι τεχνικές μέτρησης των πιννών έχουν εξελιχθεί από τις απλές μετρήσεις - με χρήση μετροταινιών - σε πιο σύγχρονες οι οποίες χρησιμοποιούν εξειδικευμένα παχυμετρικά όργανα (εικόνα 24, García-March, Carrascosa and Peoa 2002).



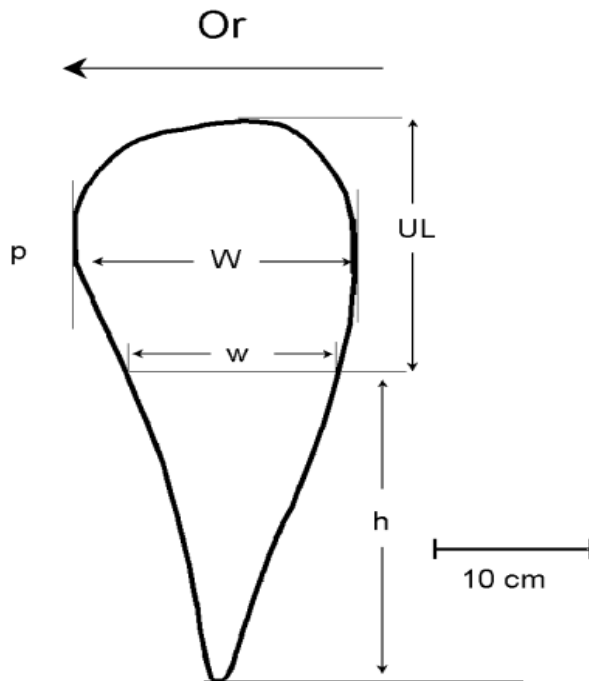
Εικ. 24 εικόνα τροποποιημένου ταχυμέτρου από Garcia-March, Carrascosa and Peoa 2002, A: πλευρική άποψη, B: πρόσθια άποψη

Η συσκευή μέτρησης πιννών της εικόνας 24, είναι μια νέα συσκευή που παρουσιάστηκε από τους Garcia-March, Carrascosa and Peña το 2002 που διασφαλίζει υψηλή ακρίβεια μέτρησης. Τα περισσότερα λάθη στις μετρήσεις εμφανίζονται λόγω του ανώμαλου υποστρώματος και της μέτρησης του πλάτους και του ύψους με διαφορετικά εργαλεία χωριστά. Με αυτή τη συσκευή όλες οι μετρήσεις γίνονται ταυτόχρονα. Στην παρούσα έρευνα έγιναν ξεχωριστές μετρήσεις για κάθε διάσταση χρησιμοποιώντας παχύμετρα βερνιέρου, και η καταγραφή τους έγινε με ακρίβεια χιλιοστού.

Στο φυσικό τους περιβάλλον οι πίννες έχουν ένα υπέργειο και ένα ενταφιασμένο στο υπόστρωμα τμήμα τους συγκρατούμενο ισχυρά με τα νημάτια του βύσσου (Garcia-March, Carrascosa and Peoa 2002). Αυτό αποτελεί πρόβλημα καθώς υπάρχει ένα τμήμα του οστράκου που δεν μπορεί να μετρηθεί επιτόπου εάν το κοχύλι δεν αποσπασθεί από το υπόστρωμα. Αυτή η απόσπαση όμως προκαλεί το θάνατο σε κοχύλια μεγαλύτερα των 20cm μήκους, καθώς δεν μπορούν να ξαναπροσκολληθούν στο υπόστρωμα (Garcia-March, Carrascosa and Peoa 2002).

Υπάρχει ένας συσχετισμός μεταξύ δύο μετρούμενων διαστάσεων του υπέργειου τμήματος των πιννών ο οποίος μπορεί να μας δώσει το μέγεθος του θαμμένου τμήματος

(h). το ελάχιστο ραχιαίο πλάτος του άταφου τμήματος ( $w$ ), και το μέγιστο μήκος του άταφου τμήματος ( $UL$ ) (García-March, Carrascosa and Peoa 2002, εικ 25).



Εικ. 25 Μετρούμενες περιοχές των πινών, OR : προσανατολισμός, p: σημείο κάμψης, UL: Άταφο μήκος, W: Μέγιστο πλάτος, w: ελάχιστο πλάτος, h: θαμμένο μήκος (εικόνα από March, Carrascosa and Peoa 2002).

Το συνολικό ύψος του κοχυλιού των πινών ( $Ht$ ) καθορίζεται με τη χρησιμοποίηση της παρακάτω εξίσωσης:

$$Ht = UL + h, (h = 1.79w + 0.5) \text{ (García-March, Carrascosa and Peoa 2002).}$$

### B.5. Μεθοδολογία για τη δειγματοληψία υποστρωμάτων

Για να καθοριστούν οι τύποι των υποστρωμάτων, λήφθηκαν δείγματα από κάθε περιοχή δειγματοληψίας. Η λήψη των δειγμάτων έγινε με τη χρησιμοποίηση ειδικού δειγματολήπτη εδαφών και αφαιρέθηκαν τμήματα πάχους 10cm. Από κάθε περιοχή συλλέχθηκαν 3 δείγματα, ένα από τη μια πλευρά της οριοθετημένης τετράγωνης περιοχής των 100m<sup>2</sup>, ένα από την απέναντι πλευρά και άλλο ένα από το κέντρο έτσι ώστε να διασφαλιστεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων κατά το δυνατόν.

Ο υπολογισμός της ογκομετρικής σύστασης των δειγμάτων έγινε στο εργαστήριο υδρόβιων οικοσυστημάτων του τμήματος Ιχθυοκομίας-Αλιείας του ΤΕΙ Ηπείρου στην Ηγουμενίτσα, για να καθοριστεί το μέγεθος των κόκκων και κατά συνέπεια ο τύπος του εδάφους κάθε περιοχής.

### **B.5.1. Προσδιορισμός κοκκομετρικής σύστασης των υποστρωμάτων**

Η γνώση της κοκκομετρικής σύστασης του εδάφους προσδιορίζεται με την μηχανική ανάλυση. Η μηχανική ανάλυση συνίσταται στον προσδιορισμό της ποσοστιαίας κατανομής των τριών κλασμάτων του εδάφους (με βάση το μεγεθός τους) δηλ. της αργίλου, της ιλύος και της άμμου. Στηρίζεται στην ταχύτητα πτώσης των σωματιδίων του εδάφους σε ένα ομοιογενές αιώρημα ικανών διαστάσεων το οποίο δεν περιλαμβάνει άλλα σωματίδια που θα μπορούσαν να συγκρουστούν με εκείνα του εδάφους, την ώρα που αυτά καταβυθίζονται. Η μέθοδος μηχανικής ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε και που εφαρμόζεται σε πολλές χώρες, οφείλεται στον Ελληνοαμερικανικό εδαφολόγο Γ.Βουγιούκο. Για να πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε ανάλυση των δειγμάτων είναι απαραίτητη η προκαταρκτική προετοιμασία τους. Δεδομένου ότι τα δείγματα που προέρχονται από θαλάσσια υποστρώματα περιέχουν υψηλά επίπεδα NaCl, και επειδή η μέθοδος που εφαρμόζεται χρησιμοποιεί πυκνόμετρο για να μετρήσει την άνωση, η οποία εξαρτάται από την πυκνότητα των μορίων στο δείγμα, συνεπάγεται ότι το NaCl θα πρέπει να αφαιρεθεί διότι θα αυξήσει την πυκνότητα του νερού στους ογκομετρικούς κυλίνδρους.

Αυτό γίνεται με το ξέπλυμα των δειγμάτων υποστρώματος με αποσταγμένο νερό και φιλτράρισμα σε διηθητικό χαρτί. Από το διηθητικό χαρτί επιτρέπεται η διέλευση του νερού που ξεπλένει τα δείγματα, και του άλατος, αλλά συγκρατούνται τα μόρια του στερεού ιζήματος. Μόλις αφαιρεθεί το NaCl τα δείγματα αφήνονται για αποξήρανση. Στο ξηρό δείγμα διαλύουμε με τα χέρια τους υπάρχοντες συμπυκνωμένους βώλους που έχουν σχηματισθεί και ακολούθως κοσκινίζεται το δείγμα σε κόσκινο των 2mm το οποίο συγκρατεί τα μεγάλα σωματίδια και κόκκους καθώς και το οργανικό υλικό, και αφήνει να περάσει ένα λεπτό κονιώδες υλικό που χρησιμοποιείται για την ανάλυση. Συλλέγονται 100g από κάθε κονιώδες ξηρό δείγμα και τοποθετούνται σε πλαστικά ποτήρια των 300-400ml και προσθέτονται 40ml διαλύματος 1% μεταφωσφορικού νατρίου ( $\text{NaPO}_3$ )x (σε νερό), σαν διασπορική ουσία, και στη συνέχεια 150ml

αποσταγμένο νερό και το διάλυμα αφήνεται για 24 ώρες σε ηρεμία. Την επόμενη μέρα το περιεχόμενο του ποτηριού μεταφέρεται σε ειδικό κύπελλο του αναδευτήρα προσθέτοντας αποσταγμένο νερό μέχρι τα 500ml και το αφήνουμε για αυτόματη ανάδευση 10'. Μετά το τέλος της ανάδευσης μεταφέρεται το περιεχόμενο του κυπέλλου σε κύλινδρο Βουγιούκου και συμπληρώνεται με αποσταγμένο νερό μέχρι τη χαραγή (1130ml). Στη συνέχεια το περιεχόμενο του κυλίνδρου ανακινείται με μεταλλική ράβδο 20 φορές και αμέσως τοποθετείται το πυκνόμετρο μέσα στον κύλινδρο για 40'' και καταγράφεται η ένδειξη του πυκνομέτρου. Συγχρόνως και αφού αποσυρθεί το πυκνόμετρο, μετριέται η θερμοκρασία του αιωρήματος. Σε 2 ώρες πραγματοποιείται μια ακόμη πυκνομέτρηση χωρίς ανακίνηση του αιωρήματος, καθώς και μια ανάγνωση θερμοκρασίας.

Το πυκνόμετρο είναι ρυθμισμένο ώστε οι ενδείξεις να αναφέρονται στους 19,5° C. Για το λόγο αυτό οι αναγνώσεις του πυκνομέτρου διορθώνονται ανάλογα με τη θερμοκρασία. Για θερμοκρασίες >19,5 η διόρθωση προστίθεται στην ανάγνωση του πυκνομέτρου, ενώ για θερμοκρασίες <19,5 η διόρθωση αφαιρείται. Οι διορθώσεις λαμβάνονται από ειδικούς πίνακες. Θα πρέπει να αποφεύγεται η πραγματοποίηση της ανάλυσης σε θερμοκρασίες >31°C και < 8°C.

Τα αποτελέσματα των κοκκομετρικών δοκιμών (πιν 15) καθορίστηκαν από τις ακόλουθες εξισώσεις :

$$\%αμμου=100-2(A\pm\Delta_1)$$

$$\%αργυλλου=2(B\pm\Delta_2)$$

$$\%ιλυσ=100-(αργιλλος+αμμος)$$

Όπου :

A=η πρώτη ανάγνωση του πυκνομέτρου

B=η δεύτερη ανάγνωση του πυκνομέτρου

$\Delta_1$ =συντελεστής διόρθωσης 1<sup>ης</sup> πυκνομέτρησης .Αντιστοιχεί στη θερμοκρασία της πρώτης πυκνομέτρησης και παίρνεται από ειδικούς πίνακες (πιν 3,4 )

$\Delta_2$ = συντελεστής διόρθωσης 2<sup>ης</sup> πυκνομέτρησης. Αντιστοιχεί στη θερμοκρασία της δεύτερης πυκνομετρησης και παίρνεται από ειδικούς πίνακες (πιν 3,4 )

Αν η θερμοκρασία είναι  $\geq 19,5^\circ\text{C}$  τότε η διόρθωση προστίθεται



Αν η θερμοκρασία είναι  $<19,5^{\circ}\text{C}$  τότε η διόρθωση αφαιρείται

Οι πίνακες 7 και 8 προέρχονται από τον αδημοσίευτο εργαστηριακό οδηγό που παρέχεται από το εργαστήριο υδρόβιων οικοσυστημάτων του τμήματος Ιχθυοκομίας-Αλιείας των ΤΕΙ Ηπείρου στην Ηγουμενίτσα για την μέτρηση της κοκκομετρικής σύστασης ιζημάτων.

$\theta^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Συντελεστές										
8	4,12	4,08	4,05	4,01	3,98	3,96	3,93	3,89	3,85	3,80
9	3,76	3,72	3,69	3,65	3,62	3,58	3,54	3,51	3,47	3,44
10	3,40	3,36	3,33	3,29	3,26	3,22	3,18	3,15	3,11	3,08
11	3,04	3,00	2,97	2,93	2,90	2,86	2,82	2,79	2,75	2,72
12	2,68	2,64	2,61	2,57	2,54	2,50	2,46	2,43	2,39	2,36
13	2,32	2,28	2,25	2,21	2,18	2,14	2,10	2,07	2,03	2,00
14	1,96	1,92	1,89	1,85	1,82	1,78	1,74	1,71	1,67	1,64
15	1,60	1,56	1,53	1,49	1,45	1,42	1,39	1,35	1,31	1,28
16	1,24	1,20	1,17	1,13	1,10	1,06	1,03	0,99	0,96	0,92
17	0,88	0,84	0,81	0,77	0,74	0,70	0,66	0,62	0,59	0,56
18	0,52	0,48	0,45	0,41	0,38	0,34	0,30	0,27	0,23	0,20
19	0,16	0,12	0,09	0,05	0,02	0,00				

Πιν 7

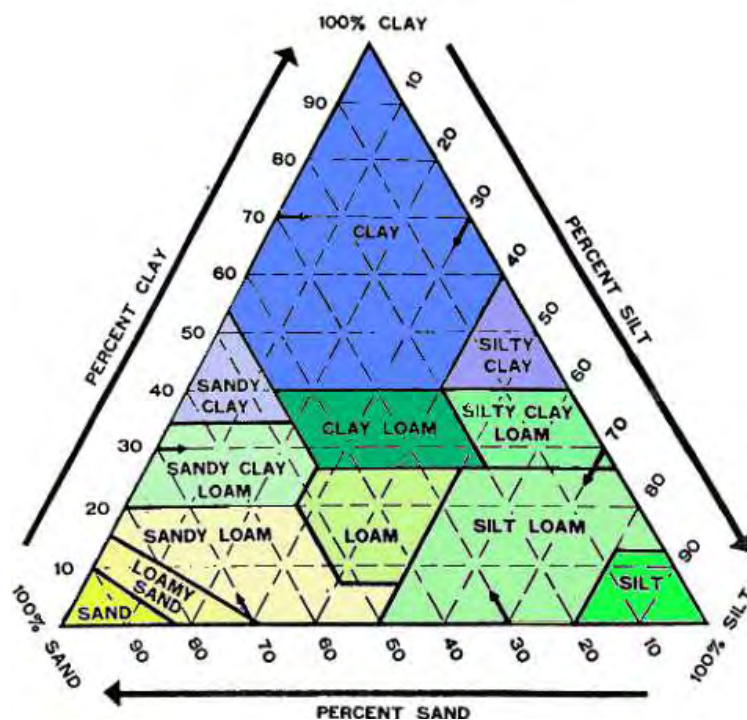
$\theta^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Συντελεστές										
19						0,02	0,06	0,09	0,13	0,16
20	0,20	0,20	0,27	0,31	0,34	0,38	0,42	0,45	0,49	0,52
21	0,56	0,60	0,63	0,67	0,70	0,74	0,78	0,84	0,85	0,88
22	0,92	0,96	0,95	1,03	1,06	1,10	1,14	1,17	1,21	1,24
23	1,28	1,32	1,35	1,39	1,42	1,46	1,50	1,53	1,57	1,60
24	1,64	1,68	1,71	1,75	1,78	1,82	1,86	1,89	1,93	1,96
25	2,00	2,04	2,07	2,11	2,14	2,18	2,22	2,25	2,29	2,32
26	2,36	2,40	2,43	2,47	2,50	2,54	2,58	2,61	2,65	2,68
27	2,72	2,76	2,79	2,83	2,86	2,90	2,94	2,97	3,01	3,04
28	3,08	3,12	3,15	3,19	3,22	3,26	3,30	3,33	3,37	3,40
29	3,44	3,48	3,51	3,55	3,58	3,62	3,66	3,69	3,73	3,76
30	3,80	3,84	3,87	3,91	3,94	3,98	4,02	4,05	4,09	4,12

Πιν 8

Από τους παραπάνω πίνακες παίρνουμε τους συντελεστές διόρθωσης  $\Delta_{(1,2)}$  που αντιστοιχούν σε κάθε θερμοκρασία. Στην κλίμακα Y αναγράφεται η ακέραια τιμή της θερμοκρασίας ενώ στην κλίμακα X η δεκαδική τιμή της. Για παράδειγμα μια τιμή θερμοκρασίας  $23,6^{\circ}\text{C}$  μας δίνει μια τιμή διορθώσεως 1,50 όπως φαίνεται από τον πίνακα 4, και η οποία προστίθεται

## B.5.2. Χαρακτηρισμός των εδαφών

Τα διάφορα εδάφη χαρακτηρίζονται με βάση τη μηχανική τους σύσταση, με τη χρήση ειδικών διαγραμμάτων. Την πιο ευρεία χρήση συναντά το τριγωνικό διάγραμμα μηχανικής σύστασης των εδαφών κατά το αμερικανικό σύστημα το οποίο παρατίθεται παρακάτω στην διάγραμμα.



Διάγραμμα 3 : Τριγωνικό διάγραμμα μηχανικής ανάλυσης εδαφών.

<http://www.extension.umn.edu/yardandgarden/YGLNews/images2/SoilTriangle.gif>

Όπου:

Clay: αργιλώδες

Sandy clay: Αμμοαργιλώδες

Sandy clay loam: Αμμοαργιλοπηλώδες

Sandy loam: αμμοπηλώδες

Loamy Sand: πηλοαμμώδες

Sand: Αμμώδες

Loam: Πηλώδες

Silt Loam: ιλοοπηλώδες

Silt : ιλώδες

Silty clay loam: ιλοαργιλοπηλώδες

Silty clay: ιλοαργιλώδες

Clay loam: Αργιλοπηλώδες

## Γ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Γ.1. Αποτελέσματα μέτρησης πιννών

Από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων από τις μετρήσεις των πιννών, με τα πρόγραμμα SPSS, Excel καθώς επίσης και με τη χρήση των  $\chi^2$  ανάλυση, Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk τεστ, προέκυψαν οι παρακάτω πίνακες και τα διαγράμματα:



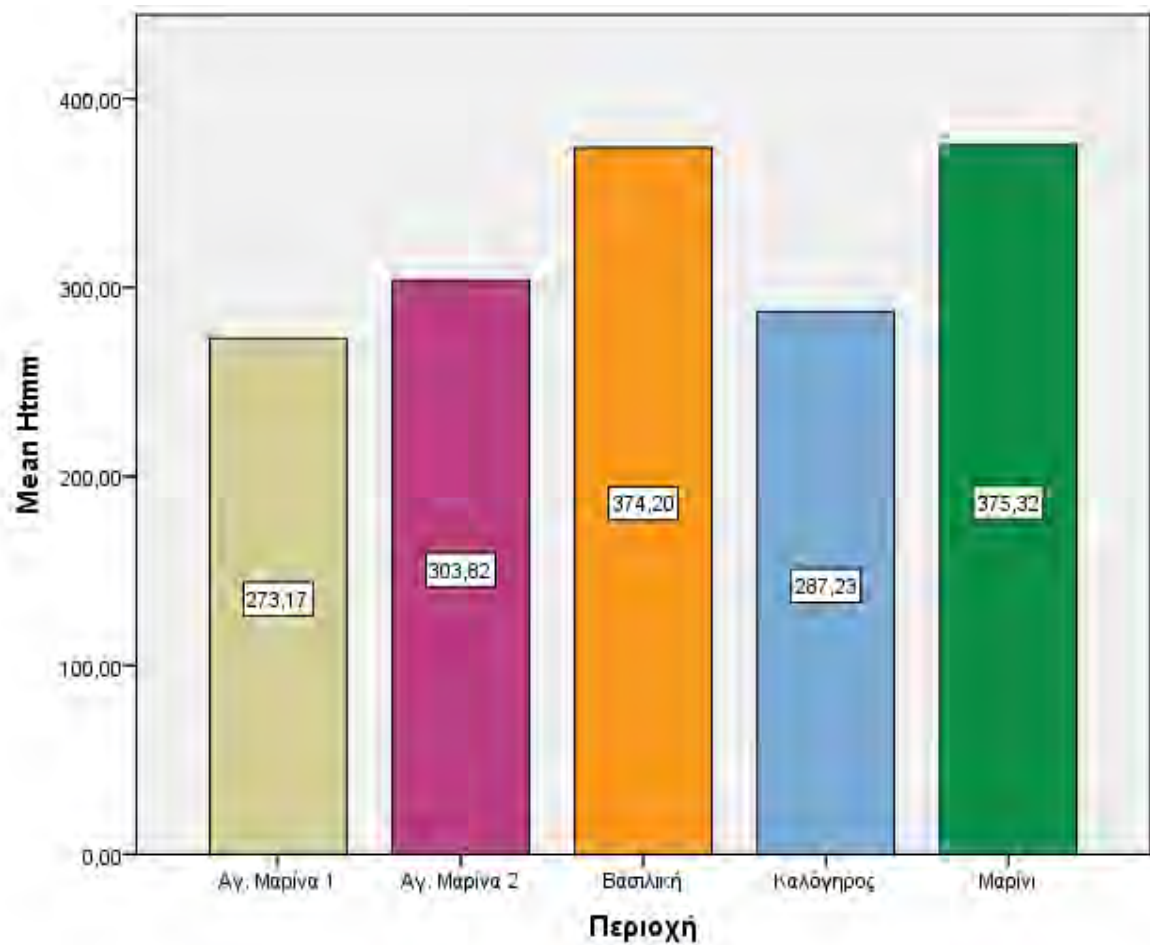
Διάγραμμα 4. Παρουσίαση πυκνοτήτων πληθυσμού ανα περιοχή δειγματοληψίας : αριθμός ατόμων ανα τετραγωνικό μέτρο (τ.μ.)

Πίν. 9 Παρουσίαση στατιστικών δεδομένων από τις μετρήσεις των τεσσάρων διαστάσεων των κελυφών των πιννών. Όπου, UL: μήκος υπέργειου τμήματος, W: μέγιστο ραχαιοκοιλιακό μήκος, w: ελάχιστο υπέργειο ραχαιοκοιλιακό μήκος (βλέπε εικ.23), Ht: μέγιστο προσθιοπίσθιο μήκος

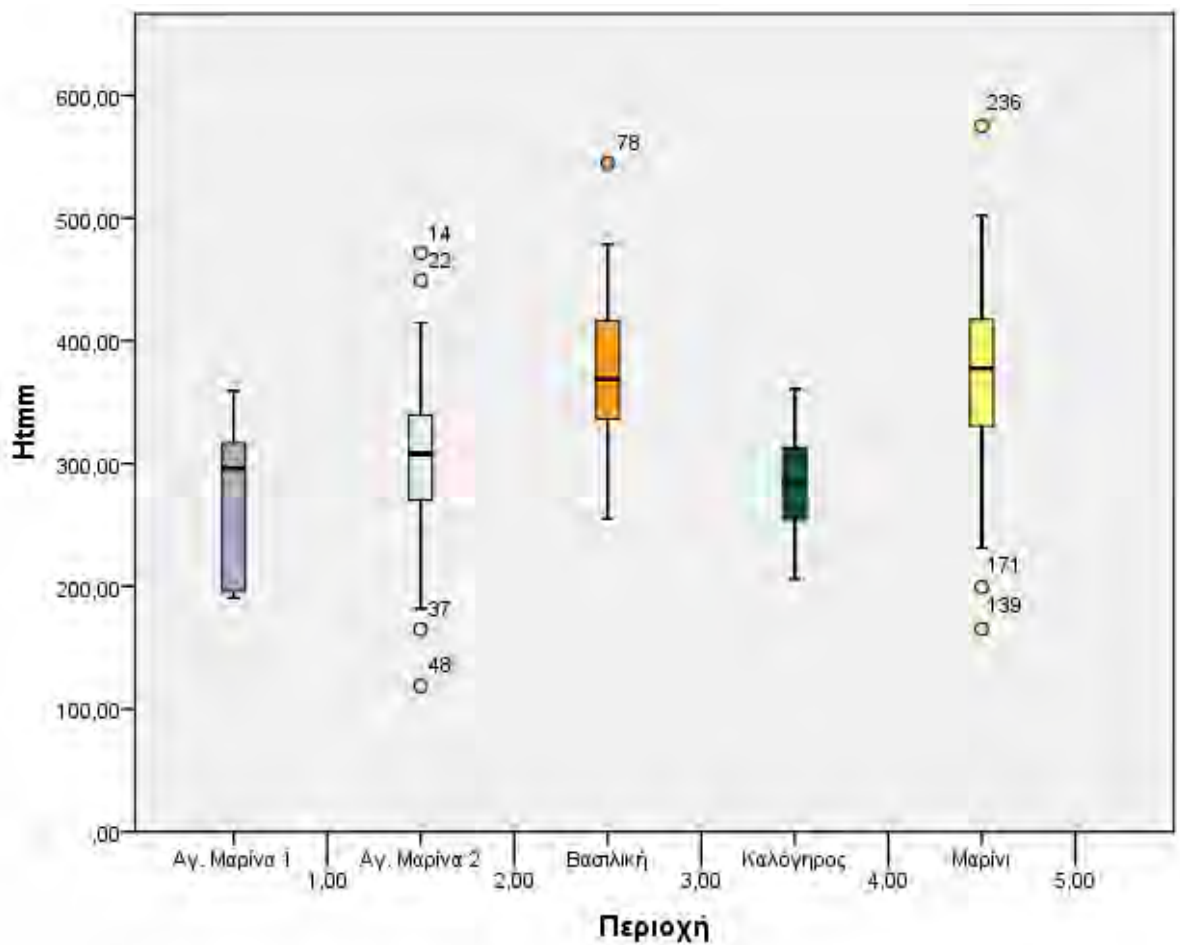
		Mean μέσος όρος (mm)	Standard Deviation Τυπική απόκλιση (mm)	Minimum Ελάχιστο (mm)	Maximum Μέγιστο (mm)
Περιοχή 1 (Αγ. Μαρίνα 1)	UL	170,10	44,12	113,	235,
	W	119,40	29,97	81,	179,
	w	57,30	16,10	33,	77,
	Ht	<b>273,16</b>	<b>68,30</b>	<b>190,57</b>	<b>359,33</b>
Περιοχή 2 (Αγ. Μαρίνα 2)	UL	197,92	45,61	88,	326,
	W	131,82	30,88	11,	189,
	w	58,89	19,72	17,	158,
	Ht	<b>303,82</b>	<b>69,60</b>	<b>118,93</b>	<b>303,82</b>
Περιοχή 3 Βασιλική	UL	243,67	49,88	142,	351,
	W	144,40	23,92	85,	182,
	w	72,64	14,14	40,	108,
	Ht	<b>374,20</b>	<b>65,26</b>	<b>255,10,</b>	<b>544,82</b>
Περιοχή 4 (Καλόγηρος)	UL	184,18	25,13	131,	222,
	W	135,18	19,21	91,	160,
	w	57,29	14,23	33,	81,
	Ht	<b>287,23</b>	<b>44,66</b>	<b>205,57,</b>	<b>360,91</b>
Περιοχή 5 (Μαρίνι)	UL	214,13	47,01	112,	341,
	W	140,39	25,46	49,	194,
	W	89,77	22,	10,	140,
	Ht	<b>375,32</b>	<b>76,25</b>	<b>118,93</b>	<b>575,15</b>

Πίν. 10 Παρουσίαση συνολικών στατιστικών δεδομένων για το συνολικό προσθιοπίσθιο μήκος των κελυφών (Ht), από τις 5 περιοχές δειγματοληψίας.

Συνολικά στατιστικά δεδομένα για το μήκος κελυφών Ht(mm)			
Μέσος όρος μήκων (M)	Τυπική απόκλιση (SD)	Ελάχιστο μήκος (Min)	Μέγιστο μήκος (Max)
347,50	76,25	118,93	575,15



Διάγραμμα 5. Παρουσίαση μέσων όρων μηκών κελυφών Ht (mm), ανα περιοχή δειγματοληψίας



Διάγραμμα 6. Ραβδόγραμμα (box spot) κατανομής μηκών κελυφών (Ht) σε χιλιοστόγραμμα (mm) ανά περιοχή δειγματοληψίας.

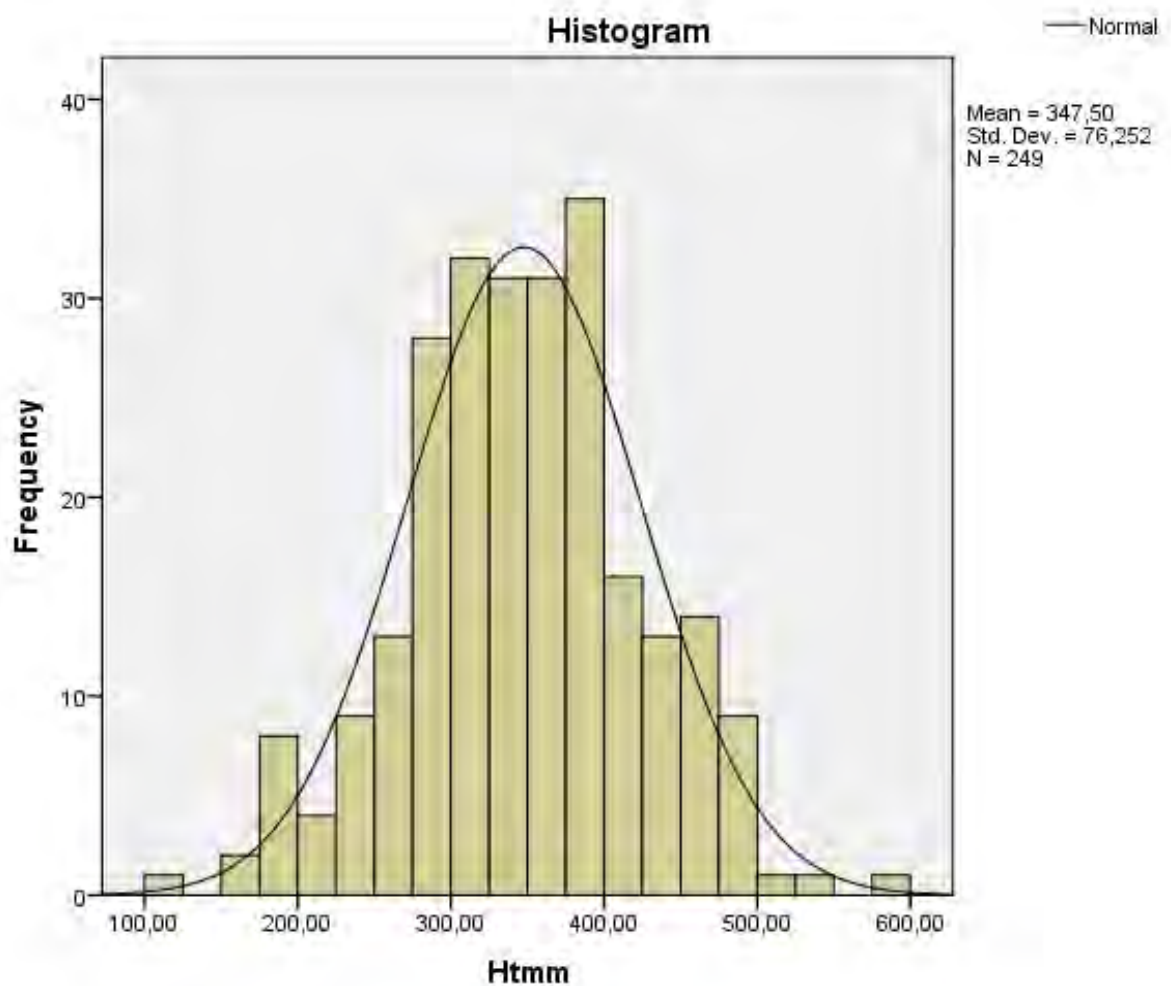
#### ΤΕΣΤ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ

.

Τα τεστ κανονικότητας Kolmogorov-Smirnov<sup>a</sup> και Shapiro-Wilk δείχνουν ότι υπάρχει κανονικότητα κατανομής για τα μήκη κελυφών (Ht), όπως και το ιστόγραμμα: W-S(249)=.995,  $p > .05$

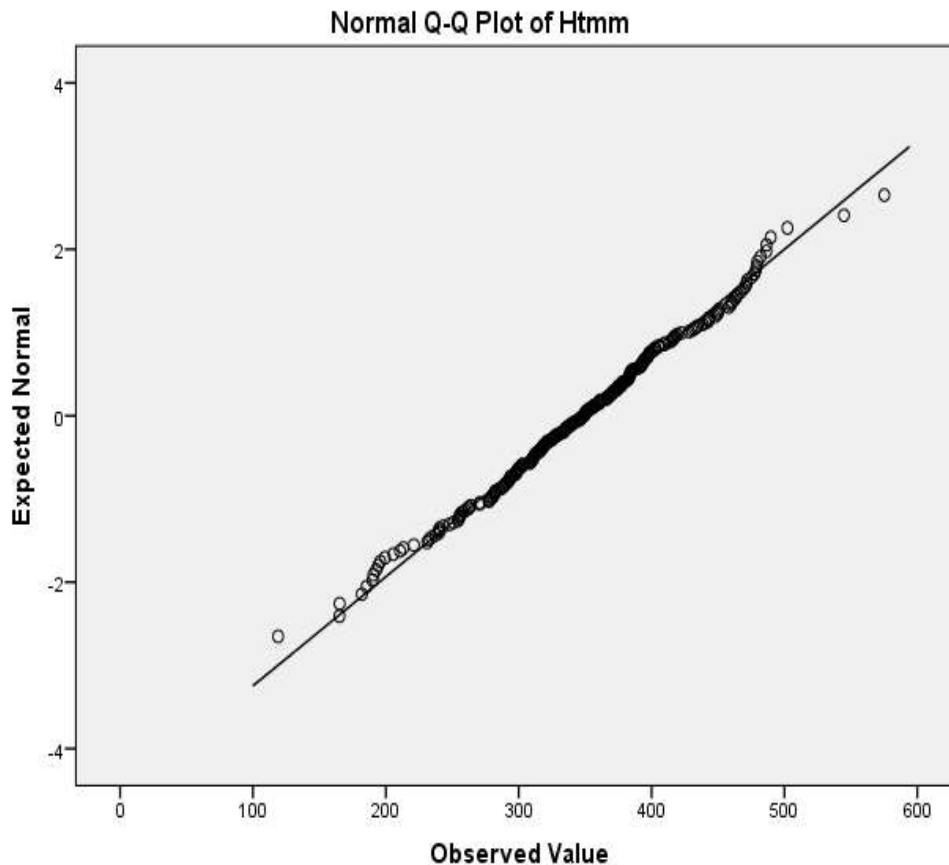
Πιν 11. Παρουσίαση στοιχείων τεστ κανονικότητας

Τέστ κανονικότητας-Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Ht(mm)	,031	249	,200*	,995	249	,673



Διάγραμμα 7 Ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων μηκών (Ht)





Διάγραμμα 8. Διάγραμμα κανονικότητας κατανομής μηκών κελυφών (Ht)

#### ΤΕΣΤ ANOVA ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΗ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΜΗΚΩΝ ΚΕΛΥΦΩΝ

Το levene test (πιν 14 ) από τα δεδομένα των μετρήσεων που παρουσιάζονται στους πίνακες 12,13,ήταν στατιστικά μη σημαντικό  $L(4, 219)=.639, p>.05$ , το οποίο δείχνει ότι υπάρχει ομοιογενής διακύμανση (homogeneity of variance).Το τεστ Anova (πιν 15)) για την διαπίστωση ομοιογένειας διακύμανσης,, έδειξε την ύπαρξη στατιστικής σημαντικότητας στο μήκος Ht μεταξύ των περιοχών δηγματοληψίας :  $F(4,223)=20.128, p<.05$ . Στον πίνακα 16, παρουσιάζονται οι συσχετίσεις στατιστικής σημαντικότητας, και οι διαφορές των μέσων όρων μηκών (Ht), ανάμεσα στις 5 περιοχές δηγματοληψίας.

Πιν. 12 Παρουσίαση δεδομένων δηγματοληψίας

Between-Subjects Factors			
	Value Label		N
Περιοχή	1,00 Αγ. Μαρίνα 1		10
	2,00 Αγ. Μαρίνα 2		61
	3,00 Βασιλική		42
	4,00 Καλόγηρος		17
	5,00 Μαρίνι		119

Πιν. 13 Παρουσίαση δεδομένων δηγματοληψίας

Περιγραφικά Στατιστικά			
Dependent Variable: Ht(mm)			
Περιοχή	Mean- Μέσος όρος μηκών	SD-Τυπική απόκλιση	N-Αριθμός δειγμάτων
Αγ. Μαρίνα 1	273,1670	68,30131	10
Αγ. Μαρίνα 2	303,8226	69,60299	61
Βασιλική	374,1974	65,25812	42
Καλόγηρος	287,2329	44,65681	17
Μαρίνι	375,3199	68,10839	119
Total	347,4987	76,25165	249

Πιν. 14 Levene's Test για την διαπίστωση ομοιογενούς διακύμανσης

Levene's Test of Equality of Error Variances <sup>a</sup>			
Dependent Variable: Htmm			
F	df1	df2	Sig.
,681	4	244	,605

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + Περιοχή

Πιν. 15 Anova test για την διαπίστωση στατιστικής σημαντικότητας μεταξύ των μέσων όρων μηκών (Ht)

Tests of Between-Subjects Effects						
Dependent Variable: Ht(mm)						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	355405,756 <sup>a</sup>	4	88851,439	19,953	,000	,246
Intercept	12554394,890	1	12554394,890	2819,280	,000	,920
Περιοχή	355405,756	4	88851,439	19,953	,000	,246
Error	1086544,184	244	4453,050			
Total	31510026,840	249				
Corrected Total	1441949,939	248				

a. R Squared = ,246 (Adjusted R Squared = ,234)

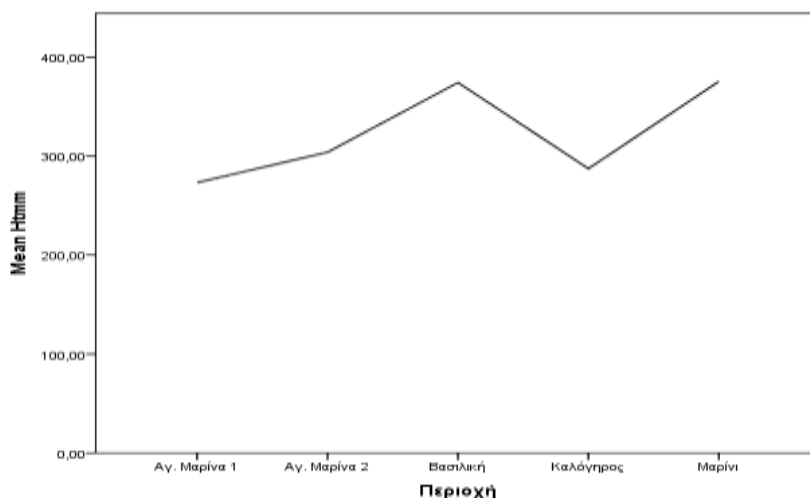
Πιν. 16 Παρουσίαση συσχέτισης στατιστικής σημαντικότητας (πράσινοι χαρακτήρες) για το μέσο όρο μηκών (Ht), μεταξύ των περιοχών δειγματοληψίας.

Multiple Comparisons-Πολλαπλές συγκρίσεις						
Dependent Variable: Ht(mm)						
Tukey HSD						
(I) Περιοχή	(J) Περιοχή	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Αγ. Μαρίνα 1	Αγ. Μαρίνα 2	-30,6556	22,76633	,662	-93,2240	31,9128
	<b>Βασιλική</b>	<b>-101,0304*</b>	<b>23,48042</b>	<b>,000</b>	-165,5613	-36,4995
	Καλόγηρος	-14,0659	26,59416	,984	-87,1543	59,0224
	<b>Μαρίνι</b>	<b>-102,1529*</b>	<b>21,97102</b>	<b>,000</b>	-162,5355	-41,7703
Αγ. Μαρίνα 2	Αγ. Μαρίνα 1	30,6556	22,76633	,662	-31,9128	93,2240
	<b>Βασιλική</b>	<b>-70,3748*</b>	<b>13,38005</b>	<b>,000</b>	-107,1470	-33,6026
	Καλόγηρος	16,5897	18,30150	,894	-33,7081	66,8874
	<b>Μαρίνι</b>	<b>-71,4973*</b>	<b>10,50816</b>	<b>,000</b>	-100,3767	-42,6179
Βασιλική	<b>Αγ. Μαρίνα 1</b>	<b>101,0304*</b>	<b>23,48042</b>	<b>,000</b>	36,4995	165,5613
	<b>Αγ. Μαρίνα 2</b>	<b>70,3748*</b>	<b>13,38005</b>	<b>,000</b>	33,6026	107,1470
	<b>Καλόγηρος</b>	<b>86,9644*</b>	<b>19,18252</b>	<b>,000</b>	34,2454	139,6835
	Μαρίνι	-1,1225	11,97688	1,000	-34,0384	31,7933
Καλόγηρος	Αγ. Μαρίνα 1	14,0659	26,59416	,984	-59,0224	87,1543
	Αγ. Μαρίνα 2	-16,5897	18,30150	,894	-66,8874	33,7081
	<b>Βασιλική</b>	<b>-86,9644*</b>	<b>19,18252</b>	<b>,000</b>	-139,6835	-34,2454
	<b>Μαρίνι</b>	<b>-88,0870*</b>	<b>17,30216</b>	<b>,000</b>	-135,6382	-40,5357
Μαρίνι	<b>Αγ. Μαρίνα 1</b>	<b>102,1529*</b>	<b>21,97102</b>	<b>,000</b>	41,7703	162,5355
	<b>Αγ. Μαρίνα 2</b>	<b>71,4973*</b>	<b>10,50816</b>	<b>,000</b>	42,6179	100,3767
	Βασιλική	1,1225	11,97688	1,000	-31,7933	34,0384
	<b>Καλόγηρος</b>	<b>88,0870*</b>	<b>17,30216</b>	<b>,000</b>	40,5357	135,6382

Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = 4453,050.

\*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Οι διαφορές εξηγούνται με τους μέσους όρους της κάθε περιοχής. Ποιος είναι μεγαλύτερος και ποιος μικρότερος όπως φένεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 9. Διάγραμμα μέσων όρων μηκών κελύφων ανα περιοχή δειγματοληψίας

# ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΜΗΚΩΝ (W) & (Ht)

Η συσχέτιση μεταξύ του μέγιστου ραχιαιοκοιλιακού μήκους (W, βλέπε εικόνα 25) και του συνολικού προσθιοπίσθιου μήκους (Ht), δείχνει ότι υπάρχει συσχέτιση στατιστικώς σημαντική σε μεγάλο βαθμό:  $r=.681$ ,  $p<.001$ , και το 46.6% εξηγεί μία γραμμική σχέση μεταξύ των δύο αυτών μεταβλητών.

Πιν. 17 Παρουσίαση δεδομένων περιγραφικής στατιστικής

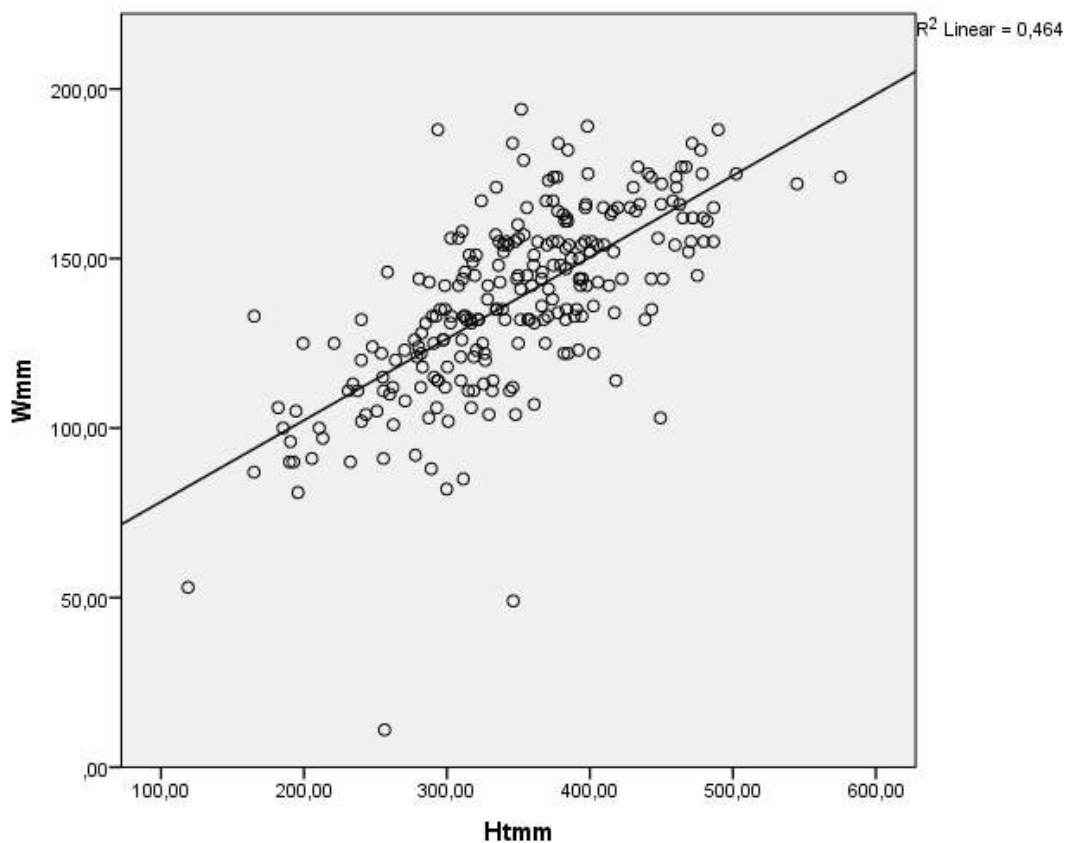
## Descriptive Statistics- περιγραφική στατιστική

	Mean	Std. Deviation	N
Wmm	137,7902	27,35067	249
Htmm	347,50	77,269	249

Πιν. 18 Παρουσίαση στοιχείων συσχέτισης μεταξύ μηκών W(mm) και Ht(mm)

Correlations			
		Wmm	Htmm
W(mm)	Pearson Correlation	1	,681**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	249	249
Ht(mm)	Pearson Correlation	,681**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	249	249

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



Διάγραμμα 10. Παρουσίαση της γραμμικής σχέσης μεταξύ του μέγιστου ραχαιοκοιλιακού μήκους (W) και του συνολικού προσθιοπίσθιου μήκους (Ht) των κοχυλίων.

Ο συνολικός πληθυσμός ζωντανών πινών που καταμετρήθηκαν στις 5 περιοχές δειγματοληψίας ήταν 249 άτομα. Η πυκνότητα πληθυσμού για τη συνολική επιφάνεια των 500m<sup>2</sup> ήταν κατά μέσο όρο 49,8 άτομα /100m<sup>2</sup> ή 0,498 άτομα / m<sup>2</sup>. Η πυκνότητα πληθυσμού σε κάθε περιοχή ξεχωριστά φαίνεται στο διάγραμμα 4. Η μικρότερη πυκνότητα ήταν 0,1ατομα/m<sup>2</sup> και αντιστοιχούσε στην περιοχή 1 ενώ η μεγαλύτερη πυκνότητα ήταν 1,19ατομα /m<sup>2</sup> στην περιοχή 5.

Το μεγαλύτερο σε μήκος όστρακο ήταν 57,5cm (Πιν 26) και βρέθηκε στην περιοχή 5 ενώ το μικρότερο σε μήκος 11,8cm στην περιοχή 2 (Πιν 23). Το συνολικό μέσο μήκος ήταν 34,75cm με τυπική απόκλιση ±76,25

## Γ.2. Αποτελέσματα έρευνας για τα λιβάδια *P.oceanica*

Στον πίνακα 19 φαίνονται τα στοιχεία από τις μετρήσεις σχετικά με την χλωρίδα *P.oceanica* όσον αφορά στο ύψος βλαστών και στο επίπεδο κάλυψης του βυθού. Ως

χαμηλή χαρακτηρίστηκε η κατηγορία κατά την οποία το ύψος φυτών δεν ξεπερνούσε τα 10-15 εκατοστά ενώ η κάλυψη του βυθού ήταν ομοιόμορφα αραιή με εμφανή ακάλυπτα τμήματα μεταξύ των βλαστών. Μέτρια χαρακτηρίστηκε η κάλυψη κατά την οποία το ύψος των φυτών κυμαινόταν από 15-30 εκατοστά με τα ακάλυπτα τμήματα μεταξύ των φυτών να είναι λιγότερο εμφανή σε σχέση με την προηγούμενη κατηγορία, ενώ ως υψηλή χαρακτηρίστηκε η κατηγορία κάλυψης κατά την οποία το ύψος των φυτών ήταν από 30 εκατοστά και άνω και η πυκνότητα των φυτών σε συνάρτηση με το ύψος δεν άφηναν ακάλυπτα τμήματα στο υπόστρωμα.

Πίν. 19 Στοιχεία για τα βάθη του νερού, της γλωρίδας *P.oceanica* και των πιννών

ΠΙΝΑΚΑΣ ΓΕΝΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ					
Περιοχή	Μέσο βάθος νερού (cm)	Ύψος βλαστών <i>P.oceanica</i> (cm)	Επίπεδο κάλυψης υποστρώματος από <i>P. oceanica</i>	Μέσος Όρος μήκους πιννών (mm)	Πυκνότητα Πιννών/100m <sup>2</sup>
1	60	10	χαμηλό	273,16	10
2	75	15	μέτριο	303,82	61
3	80	30	υψηλό	374,20	42
4	30	10	χαμηλό	287,23	17
5	75	25	χαμηλό-μέτριο	375,32	119

Από τον παραπάνω πίνακα 19, προκύπτει το συμπέρασμα ότι όταν το ύψος της υποθαλάσσιας χλόης αυξάνει, αυξάνεται αντίστοιχα και η κάλυψη της επιφάνειας του υποστρώματος ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται και το μέσο μήκος των πιννών. Από τα αποτελέσματα επίσης συνάγεται ότι όσο αυξάνεται το ύψος των βλαστών *P.oceanica* καθώς και η κάλυψη του υποστρώματος υπάρχει μια τάση αύξησης και της πυκνότητας των πληθυσμών των *P.nobilis* για το συγκεκριμένο εύρος βάθους μετρήσεων.

### Γ.3. Αποτελέσματα ανάλυσης υποστρωμάτων

Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται οι τύποι των εδαφών στις 5 περιοχές δειγματοληψίας.

Πίν. 20 Παρουσίαση τύπων εδαφών των 5 περιοχών δειγματοληψίας.

ΤΥΠΟΙ ΕΔΑΦΩΝ			
περιοχή	δείγμα 1	δείγμα 2	δείγμα 3
1	Αμμοπηλώδες (SL)	Αμμοπηλώδες (SL)	Αμμοπηλώδες (SL)
2	Αμμοπηλώδες (SL)	Πυλοαμμώδες (LS)	Αμμοπηλώδες (SL)
3	Αμμοπηλώδες (SL)	Αμμοπηλώδες (SL)	Αμμοπηλώδες (SL)
4	Πυλοαμμώδες (LS)	Αμμοπηλώδες (SL)	Αμμοπηλώδες (SL)
5	Αμμώδες (S )	Αμμώδες (S )	Αμμώδες (S )

Πιν. 21 Παρουσίαση περιγραφής της σύστασης εδαφών (πηγή: [www.pedosphere.com/volume01/pdf/Section\\_03\\_02\\_01.pdf](http://www.pedosphere.com/volume01/pdf/Section_03_02_01.pdf))

#### Περιγραφή των τύπων εδαφών:

**Αμμώδες (Sand):** Το εδαφολογικό υλικό περιέχει 85% ή και περισσότερο άμμο, το ποσοστό της ιλύος συν 1,5 φορές το ποσοστό της αργίλου δεν ξεπερνούν το 15% (CSSC,USDA)

**Πυλοαμμώδες (Loamy sand):** 25% ή περισσότερο πολύ χονδροειδής, χονδροειδής, και μέση άμμος και λιγότερο από 50% λεπτή ή πολύ λεπτή άμμος (CSSC)

**Πυλοαμμώδες (Loamy sand):** Το εδαφολογικό υλικό περιέχει 70-91% άμμο και το ποσοστό της ιλύος συν 1,5 φορές το ποσοστό της αργίλου είναι 15% ή περισσότερο, και το ποσοστό της ιλύος συν το ποσοστό της αργίλου επί δυο ,είναι μικρότερο από 30% (USDA)

**Αμμοπηλώδες (Sandy loam):** Αποτελείται από 30% ή περισσότερο από πολύ χονδροειδή, χονδροειδή και μέση άμμο, αλλά λιγότερο από 25% πολύ χονδροειδή άμμο και λιγότερο από 30% πολύ λεπτή ή λεπτή άμμο (CSSC)

**Αμμοπηλώδες (Sandy loam):** Το εδαφολογικό υλικό περιέχει 7 έως 20% άργιλο, περισσότερο από 52% άμμο, και το ποσοστό της ιλύος συν το ποσοστό της αργίλου επί 2 είναι 30% ή περισσότερο ή περιέχει άργιλο λιγότερο από 7%,ιλυ λιγότερο από 50% και περισσότερο από 43% άμμο (USDA).

Στον πίνακα 20 βλέπουμε ότι τα υποστρώματα στις 5 περιοχές δειγματοληψίας κυμαίνονται από αμμώδη έως πηλοαμμώδη. Τα μόρια της άμμου μπορούν να κυμανθούν σε μεγέθη από 0,02-0,002mm, ενώ το μέγεθος των μορίων της αργίλου είναι μικρότερο από 0,002mm (Ross 2010). Στην έρευνα αυτή καταδεικνύεται ότι οι οργανισμοί μπορούν



να αναπτυχθούν πολύ καλά στους παραπάνω τύπους υποστρωμάτων. Όπως διαπιστώνεται όμως από τους πίνακες 19 και 20, στην περιοχή 5 όπου υπάρχει αμμόδης τύπος υποστρώματος οι πληθυσμός των πινών έχει το μεγαλύτερο μέσο μήκος ( $H_t$ ) και σαφώς την μεγαλύτερη απόλυτη πυκνότητα.

## Α. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο πληθυσμός των πιννών που δειγματίστηκε στις επιλεγόμενες περιοχές επιδεικνύει μια τάση συσχετισμού με τον τύπο του υποστρώματος και με τα λιβάδια *P.oceanica*. Όπως αναδείχθηκε παραπάνω, όταν το υπόστρωμα έχει αμμώδη σύσταση οι πίννες απαντούνται με τη μεγαλύτερη πυκνότητα και με το μεγαλύτερο μέσο μήκος (Ht). Είναι επαρκώς τεκμηριωμένο το γεγονός ότι αυτό το είδος διθύρου σχετίζεται με τα θαλάσσια λιβάδια όπως αυτά των ειδών *P.oceanica* και *Cymodocea nodosa* (Addis et al., 2009) και είναι ενδιαφέρον να εξετάσουμε από τα στοιχεία αυτής της έρευνας αν το μέγεθος και η πυκνότητα πληθυσμών των πιννών σχετίζεται με το μέγεθος και την πυκνότητα των θαλάσσιων λιβαδιών *P.oceanica* στα οποία διαβιούν.

Από τον πίνακα 19 μπορούμε να διαπιστώσουμε καθαρά την ύπαρξη αυτής της σχέσης, καθώς όταν το ύψος των βλαστών και η πυκνότητα κάλυψης του υποστρώματος από *P. oceanica* αυξάνεται, το μέσο ύψος των πιννών αντίστοιχα φαίνεται να αυξάνει, και παρατηρείται τάση να αυξάνεται παράλληλα και η πυκνότητα πληθυσμών των οργανισμών. Μια άλλη μεταβλητή που φαίνεται σαφώς ότι επηρεάζει τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι το βάθος του νερού, καθώς όσο αυξάνει το βάθος υπάρχει τάση να αυξάνεται το ύψος των βλαστών και η έκταση κάλυψης του υποστρώματος από ποσειδωνία και ταυτόχρονα να αυξάνεται και το μέσο μήκος αλλά και η πυκνότητα πληθυσμού των πιννών. Άρα η μεταβλητή βάθος νερού, στη βαθυμετρική ζώνη που έγινε αυτή η έρευνα, επηρεάζει αναλογικά το μέγεθος τόσο της ποσειδωνίας όσο και των πιννών.

Από τον πίνακα 19 φαίνεται επίσης να υπάρχει σχέση μεταξύ της πυκνότητας του πληθυσμού με το μέσο μήκος των κοχυλιών. Από τα στοιχεία του πίνακα καταδεικνύεται καθαρά ότι όσο η πυκνότητα του πληθυσμού αυξάνεται, αυξάνει παράλληλα και το μέσο μήκος των κοχυλιών. Σε αυτό ίσως να συντελεί και η ένταση της ανθρώπινης παρέμβασης σε κάθε περιοχή και κυρίως το ποσοστό της παράνομης εξαλίευσης των μεγαλύτερων πιννών, γεγονός που μπορεί να διαστρεβλώσει την πραγματική εικόνα στις περιοχές δειγματοληψίας. Μπορούμε να συμπεράνουμε παρόλα αυτά ότι στο εύρος βαθών που εμείς μετρήσαμε 30-90 cm καθώς και στη συγκεκριμένη μέση απόσταση από την ακτή (34,2 m), οι μεταβλητές βάθος νερού, μέγεθος και πυκνότητα πιννών, ύψος βλαστών και πυκνότητα κάλυψης υποστρώματος από *P.oceanica* έχουν θετική συσχέτιση μεταξύ τους. Επίσης η πλειοψηφία των μικρότερων πιννών σε μήκος

βρέθηκαν στις περιοχές 1 και 4 που είχαν και τα μικρότερα βάθη. Αλλά και σε κάθε μια από τις περιοχές δειγματοληψίας τα πιο μικρά άτομα βρέθηκαν στα πιο αβαθή σημεία πλησιέστερα στην ακτή. Τα πιο μικρά άτομα από αυτά ( $Ht < 250mm$ ) θα μπορούσαν να βρίσκονται σε ηλικία 1-3 ετών και είναι νεαρά άτομα. Αντίθετα οι μεγαλύτεροι σε μέγεθος οργανισμοί βρέθηκαν στις περιοχές 3 και 5 που ήταν και οι πιο βαθιές. Τα μεγαλύτερα σε μέγεθος άτομα από αυτά ( $Ht > 500mm$ ) θα μπορούσαν να είναι ηλικίας μεταξύ 10 -30 ετών και επομένως ενήλικα (Richardson *et al.*, 1990, Siletic & Peharda 2003, Galinou-Mitsoudi *et al.*, 2006). Οι πραγματικές ηλικίες των πιννών σε αυτή την περιοχή είναι αδύνατο να υπολογιστούν με τα δεδομένα αυτής της έρευνας, καθότι απαιτούνται μια σειρά μετρήσεων σε διάρκεια τουλάχιστον 2 ετών για να συλλεχτούν στοιχεία σχετικά με την αύξηση και την ηλικία των οργανισμών. Ο ρυθμός αύξησης και το μέγεθος σε σχέση με την ηλικία των πιννών διαφέρει από περιοχή σε περιοχή εξαιτίας των ειδικών βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων που επικρατούν σε κάθε μια. Τα αποτελέσματα που προσκομίζονται από αυτή την έρευνα υποδεικνύουν ότι οι πιο αβαθείς περιοχές όπως η περιοχή 1 και 4, είναι σημεία αποικισμού νεαρών πιννών στις οποίες μπορούν να προσκολληθούν και να αναπτυχθούν. Η υψηλή πυκνότητα νεαρών ατόμων στις περιοχές αυτές καταδεικνύει ότι η θνησιμότητα είναι χαμηλή και/ή στρατολόγηση νεαρών πιννών υψηλή. Οι Garcia-March (2007b) παρουσίασαν μια σημαντική μελέτη σύμφωνα με την οποία η διαφοροποίηση των μεγεθών που παρουσιάζουν οι πίννες σε σχέση με το βάθος προκαλείται κυρίως λόγω της διαφοράς στη θνησιμότητα και στην αύξηση, μεταξύ των ατόμων που βρίσκονται σε διαφορετικά βάθη, παρά στην ενεργή μετατόπιση των ατόμων όπως αναφέρεται σε προηγούμενη βιβλιογραφία. Μια άλλη πρόσφατη μελέτη των Corra *et al.*, (2010) καθορίζει ότι μέσα στα θαλάσσια λιβάδια, ο τύπος του υποστρώματος, η πυκνότητα του, η πυκνότητα των βλαστών της χλωρίδας είναι οι μεταβλητές που συμβάλλουν κυρίως στον καθορισμό των πραγματικών πυκνοτήτων και της διαμόρφωσης των κατανομών των πιννών.

Αυτές οι δυο μελέτες οδηγούν στο συμπέρασμα πως όταν αυξάνεται το βάθος αυξάνεται παράλληλα και το μέγεθος των πιννών, ενώ η φυσική θήρευση και η θνησιμότητα μειώνουν την πυκνότητα τους, και η κατανομή των πληθυσμών στο υπόστρωμα επηρεάζεται άμεσα από το μέγεθος των βλαστών *P.oceanica* και την πυκνότητα τους. Η θετική συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών που αφορούν στο βάθος, στους οργανισμούς των πιννών και στη χλωρίδα *P.oceanica* μεταξύ των περιοχών δειγματοληψίας αποδεικνύεται καθαρά από τα στατιστικά αυτής της έρευνας. Η μελέτη της αύξησης του

μήκους των πιννών και η ταυτόχρονη μείωση της πυκνότητας τους ενόσω αυξάνεται το βάθος σε κάθε περιοχή ξεχωριστά δεν ήταν στους στόχους αυτής της έρευνας, γιατί και δεν αποτυπώνεται στατιστικά, αλλά η εμπειρική μας παρατήρηση έδειξε πως ισχύει κάτι τέτοιο.

Ο μέσος πληθυσμός των πιννών στις περιοχές 1-4 υπολογίστηκε στα 32,5 άτομα ανά 100m<sup>2</sup>. Οι περιοχές αυτές βρίσκονται κοντά η μια με την άλλη και στην εγγύς παραλιακή περιφέρεια του δήμου Στυλίδας. Και πιθανόν αυτή η μέση πυκνότητα στις 4 αυτές περιοχές δειγματοληψίας να αντιπροσωπεύει και την μέση συνολική στο μικρό αυτό τμήμα του Βόρειου Μαλιακού κόλπου. Στην περιοχή 5 που ήταν πιο απομακρυσμένη καταμετρήθηκε ένας πολύ υψηλότερος πληθυσμός πιννων, 119ατομα /100 m<sup>2</sup>, σε σχέση με τις προηγούμενες και μάλιστα με το μεγαλύτερο μέσο όρο μηκών. Η περιοχή αυτή φαίνεται ότι εκφράζει με τον καλύτερο τρόπο τον θετικό συσχετισμό μεταξύ όλων των μεταβλητών της έρευνας. Η μεγάλη πυκνότητα και η εμφάνιση ποικιλότητας στα μήκη των πιννών ενδέχεται να υποδεικνύει ότι στη συγκεκριμένη περιοχή επικρατούν οι καταλληλότερες βιοτικές και αβιοτικές συνθήκες ανάπτυξης, ενώ η εξωγενής ανθρώπινη παρέμβαση - κυρίως με τη μορφή της παράνομης εξαλίευσης πιννών - έχει τη μικρότερη ένταση. Το φαινόμενο της παράνομης εξαλίευσης των μεγαλύτερων κυρίως πιννών είναι σύνηθες όπως μαρτυρούν αναφορές αλιέων και κατοίκων αλλά και όπως αυτοπροσώπως διαπιστώσαμε και εμείς σε κάποια στιγμή. Πάντως ανεξάρτητα από τις ανθρωπογενείς εξωτερικές παρεμβάσεις στα ενδιαίτηματα των πιννών, η ποικιλότητα στην απόλυτη πυκνότητα και στον μέσο όρο μεγεθών των οργανισμών σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας δείχνει την διαφορετική επίδραση που ασκείται από τα ξεχωριστά υδάτινα οικοσυστήματα κάθε περιοχής στην εγκατάσταση και ανάπτυξη των πιννών.

Μελετώντας τα δεδομένα που έχουν συγκεντρωθεί από προηγούμενες μελέτες για το είδος *P.nobilis*, μας επιτρέπεται να κάνουμε μια σύγκριση με άλλους γνωστούς πληθυσμούς γύρω από τη Μεσόγειο. Οι πίνακες 4, 5, και 6 περιέχουν μια σειρά αποτελεσμάτων μελετών, που είναι διαθέσιμα για σύγκριση με την παρούσα έρευνα. Από τα 22 σύνολα στοιχείων που είναι διαθέσιμα, φαίνεται καθαρά ότι η πλειοψηφία των πυκνοτήτων πληθυσμών των πιννών κυμαίνεται μεταξύ 1-10ατομα/100 m<sup>2</sup> αν και υπάρχουν πληθυσμοί 20-30ατομα/100 m<sup>2</sup> στην Κροατία και στην Νότιο-Ανατολική Ισπανία αντίστοιχα. Επίσης όπως φαίνεται στον πίνακα 2 έχει βρεθεί και ένας υψηλός πληθυσμός στη Χαλκιδική με πυκνότητα 130ατομα/100 m<sup>2</sup> (Galinou-Mitsoudi *et al.*,

2006), καθώς επίσης και στον Νότιο Μαλιακό κόλπο με μέση πυκνότητα 19,4 άτομα/100m<sup>2</sup> (James R., Theodorou J.A., & Hellio C. 2010)

Αυτό δείχνει ότι παρότι οι πυκνότητες πληθυσμών κυμαίνονται γενικά σε χαμηλά επίπεδα δεν αποκλείεται να υπάρχουν και περιπτώσεις με πολύ υψηλές πυκνότητες. Από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας καταδεικνύεται ότι η πυκνότητα πληθυσμού που καταγράφηκε είναι κατά πολύ υψηλότερη σε σύγκριση με την πλειοψηφία των πυκνοτήτων που αναφέρονται σε άλλες θέσεις γύρω από τη Μεσόγειο.

Το προηγούμενο συμπέρασμα συνάγεται και από τα αποτελέσματα της έρευνας στον Νότιο Μαλιακό κόλπο από τον Ross (2010) (Πιν 29) καθώς η μέση πυκνότητα που καταγράφηκε (19,4 άτομα/100m<sup>2</sup>) βρίσκεται επίσης σε υψηλότερα επίπεδα από την πλειοψηφία άλλων πυκνοτήτων πληθυσμών στη Μεσόγειο. Τα αποτελέσματα της μέτρησης στο νότιο Μαλιακό σε σύγκριση με αυτά της παρούσας έρευνας εμφανίζουν κάποιες διαφορές. Συγκεκριμένα για τις αντίστοιχες 5 περιοχές δειγματοληψίας των 100m<sup>2</sup>, ο μέσος όρος πυκνότητας πληθυσμού στο Βόρειο Μαλιακό κόλπο που καταγράφηκε στην παρούσα έρευνα είναι υπέρδιπλσιος (49,8 άτομα /100m<sup>2</sup>) από αυτόν του Νότιου Μαλιακού κόλπου (19,4 άτομα/100m<sup>2</sup>). Μετρήθηκαν συνολικά 249 άτομα έναντι 97 ατόμων στο Νότιο Μαλιακό. Το μέσο μήκος των πιννών στο Νότιο Μαλιακό ήταν μικρότερο με μέση τιμή 30,8cm και διάμεσο 42,75cm έναντι 34,7cm και 34,8cm στο Βόρειο Μαλιακό κόλπο αντίστοιχα, παρόλα αυτά το μέγιστο μήκος πίννας (72,5cm) καταγράφηκε στο Νότιο Μαλιακό ενώ στο Βόρειο Μαλιακό κόλπο το μέγιστο μήκος ήταν 57,5cm. Σχετικά με τους τύπους υποστρωμάτων ενώ στις μετρήσεις του Ross φαίνεται να μην επηρεάζουν τα μήκη και τις πυκνότητες των οστράκων, στην παρούσα έρευνα παρατηρήθηκε πολύ μεγαλύτερη πυκνότητα πληθυσμού αλλά και το μεγαλύτερο μέσο μήκος πιννών στην περιοχή 5, όπου είχε αμμώδες υπόστρωμα, σε σύγκριση με τις άλλες περιοχές που είχαν αμμοπηλώδη ή πυλοαμμώδη υποστρώματα. Επίσης μια άλλη διαφορά που παρατηρήθηκε ήταν στη συσχέτιση των μεταβλητών βάθους και πυκνότητας πληθυσμού. Και συγκεκριμένα ενώ στις έρευνες του Ross η πυκνότητα πληθυσμού μειώνεται ενόσω αυξάνει το βάθος ανά περιοχή, στην παρούσα έρευνα αντίθετα, όσο αυξάνει το βάθος αυξάνεται και η πυκνότητα. Μέσα όμως στην ίδια περιοχή δειγματοληψίας όσο αυξάνεται το βάθος αυξάνεται και το συνολικό μήκος (Ht) των οστράκων αλλά μειώνεται η πυκνότητα όπως εμπειρικά παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, γεγονός που συμφωνεί με τις αντίστοιχες διαπιστώσεις από το Νότιο Μαλιακό κόλπο. Κοινό συμπέρασμα και για τις δύο περιοχές είναι ότι όσο

αυξάνει το βάθος του νερού αυξάνεται το ύψος των βλαστών και η πυκνότητα κάλυψης του υποστρώματος από *P.oceanica* ενώ παράλληλα αυξάνει και το μέσο μήκος των κοχυλίων. Επίσης κοινή διαπίστωση ήταν ότι οι μικρότεροι σε μήκος, συνεπώς και σε ηλικία οργανισμοί, καταμετρήθηκαν στα μικρότερα βάθη.

Από αυτή την έρευνα στο Βόρειο Μαλιακό κόλπο διαφαίνεται ότι υπάρχει ένας υγιής πληθυσμός νεαρών πιννών στην θέση αυτή πράγμα που υποδεικνύει την ύπαρξη υγιών ενήλικων ατόμων μέσα στον κόλπο που ωοτοκούν πιθανώς σε μεγαλύτερα βάθη, όπου δεν εξερευνήθηκαν στην παρούσα μελέτη. Αυτή η ανακάλυψη ενός υγιούς πληθυσμού πιννών καλά εγκατεστημένων στην περιοχή είναι πολύ σημαντική, και τα στοιχεία που συλλέχθηκαν ελπίζουμε πως θα βοηθήσουν στην προσπάθεια που καταβάλλεται για την προστασία αυτού του διακυβεζόμενου είδους διθύρου.

#### **Δ.1. Συμπέρασμα**

Βάση των δεδομένων που συλλέχθηκαν από αυτήν την έρευνα συμπεραίνεται ότι ο πληθυσμός των πιννών στην περιοχή του Βόρειου Μαλιακού κόλπου αντιπροσωπεύει έναν μεγάλο υγιή και ακμάζοντα πληθυσμό, όπου οι αρνητικές επιδράσεις από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα, στα βάθη νερών που πραγματοποιήθηκε αυτή η έρευνα

Υπάρχει μια θετική συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών της πυκνότητας πληθυσμού, του μεγέθους, και της ηλικίας καθώς και της θνησιμότητας των πιννών σε συνάρτηση με το βάθος. Επίσης η έρευνα δείχνει ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ του μήκους των βλαστών και της έκτασης κάλυψης του υποστρώματος από *P.oceanica*, με την πυκνότητα και το μέγεθος των πιννών για τα βάθη στα οποία έγιναν οι δειγματοληψίες.

Αυτή η μελέτη έγινε σε μια σχετικά μικρή περιοχή και σε χαμηλές βαθυμετρικές ζώνες. Θα παρουσίαζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον να πραγματοποιηθούν μελέτες σε μεγαλύτερα θαλάσσια βάθη ώστε να δοθεί μια συνολική εικόνα για την βιολογία και οικολογία του είδους στη συγκεκριμένη περιοχή και για τις όποιες αρνητικές επιδράσεις ανθρωπογενούς προέλευσης, συμβάλλοντας έτσι στην προσπάθεια για την προστασία και την μελλοντική διατήρηση αυτού του επαπειλούμενου με εξαφάνιση είδους.

## E. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Επιστημονικά Περιοδικά

1. Addis.P, M.Secci, G.Brundu, A. Manunza,S.Corrias and A.Cau. (2009). Density, Size structure,Shell orientation and epibiontic+ colonisation of the fan mussel mussel *Pinna nobilis* Linnaeus 1758 (Mollusca: Bivalvia) in three contrasting habitats in an estuarine area of Sardinia (W Mediterranean). *Scientia Marina* Vol. 73(1), 143-152.
2. Centoducati G., E.Tarsitano, A.Bottalico, M. Marvulli, O. R. Lai and G. Crescenzo. 2007.Monitoring of the Endangered *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758 in the Mar Grande of Taranto (Ionian Sea, Italy) Environmental monitoring and assessment, Vol. 131:1-3, 339-347
3. Coppa S., I.Guala, G.A.De Lucia, G. Massaro and M.Bressan (2010). Density and distribution patterns of the endangered species *Pinna nobilis* within a *Posedonia oceanica* meadow in the gulf of Oristano (Italy). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1 -10pp.
4. Christian Ortmann & Manfred K. Grieshaber (2003) Energy metabolism and valve closure behaviour in the Asian clam *Corbicula fluminea*, *Exp Biology*,Vol. 206, 4167-4178
5. Davenport John, Daria Ezgeta-Balic, Melita Peharda, Sanda Skeji, Zivana Nincevic Gladan, Slavica Matijevi (2011). Size-differential feeding in *Pinna nobilis* L. (Mollusca: Bivalvia): Exploitation of detritus, phytoplankton and zooplankton Estuarine, Coastal and Shelf Science, Vol. 92, 246-254
6. Duarte Carlos M., Susana Agustí, Hilary Kennedy, Dolors Vaque (1999). The Mediterranean climate as a template for Mediterranean marine ecosystems: the example of the northeast Spanish littoral, *Progress in Oceanography*, Vol. 44, 245–270
7. Frederic Marin, Boaz Pokroy, Gilles Luquet, Pierre Layrolle, Klaas De Groot (2007). Protein mapping of calcium carbonate biominerals by immunogold *Biomaterials*, Vol.28, 2368–2377



8. Frederic Marin, Gilles Luquet (2005). Molluscan biomineralization: The proteinaceous shell constituents of *Pinna nobilis* L. *Materials Science and Engineering C*, Vol. 25, 105– 111
9. Galinou-Mitsoudi, G. Vlahavas & O. Papoutsi (2006). Population study of the protected bivalve *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) in Thermaikos Gulf (North Aegean Sea). *Journal of Biological Research*, Vol. 5, 47– 53.
10. Garcia Jose R., -March Ana Marquez-Aliaga , You-Gan Wang , Donna Surge , Diego Kurt Kersting (2011). Study of *Pinna nobilis* growth from inner record: How biased are posterior adductor muscle scars estimates? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Vol. 407, 337–344
11. García-March J.R., Sanchis Solsona M.A . and García-Carrascosa A.M. (2008). Shell gaping behaviour of *Pinna nobilis* L., 1758: circadian and circalunar rhythms revealed by in situ monitoring. *Marine Biology*, Vol. 153, 689–698.
12. García-March, J.R., L. Pérez-Rojas and A.M. García-Carrascosa (2007b). Influence of hydrodynamic forces on population structure of *Pinna nobilis* L., 1758 (Mollusca: Bivalvia): The critical combination of drag force, water depth, and shell size
13. García-March, J.R., García-Carrascosa, A.M., Peña Cantero, A.L., Wang, Y.G., (2007a). Population structure, mortality and growth of *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758 (Mollusca: Bivalvia) at different depths in Moraira Bay (Alicante, Western Mediterranean). *Mar. Biology*, Vol. 150, 861–871.
14. Garcia-March . J. R. Z A. Marquez-Aliaga (2007). *Pinna nobilis* L., 1758 age determination by internal shell register, *Mar Biology*, Vol. 151:1077–1085
15. García-March, Jose Rafael, Antonio Manuel, García-Carrascosa & Alvaro Louis Pena (2002). In situ Measurment of *Pinna nobilis* shells for age and growth studies: A new device. *P.S.Z.N: Marine ecology*, Vol. 23(3), 207-217
16. Giacobbe Salvatore (2002). Epibiotic mollusc communities on *Pinna nobilis* L. (Bivalvia, Mollusca), *Journal of Natural History*, Vol. 36:12, 1385-1396
17. Hendriks Iris E. & Miguel Cabanellas-Reboredo & Tjeerd J. Bouma & Salud Deudero & Carlos M. Duarte (2011). *Estuaries and Coasts*, Vol. 34:60–67

18. Katsanevakis<sup>1</sup> S., E. Lefkaditou<sup>1</sup>, S. Galinou-Mitsoudi, D. Koutsoubas and A. Zenetos (2008). Molluscan species of minor commercial interest in Hellenic seas: Distribution, exploitation and conservation status, *Mediterranean Marine Science* Volume, Vol. 9: 77-118
19. Katsanevakis S. (2007a). Density surface modelling with line transect sampling as a tool for abundance estimation of marine benthic species: the *Pinna nobilis* example in a marine lake. *Marine Biology*, Vol. 152, 77–85.
20. Katsanevakis S. (2007b). Growth and mortality rates of the fan mussel *Pinna nobilis* in Lake Vouliagmeni (Korinthiakos Gulf, Greece): a generalized additive modelling approach. *Marine Biology*, Vol. 152, 1319–1331.
21. Katsanevakis Stelios (2006). Population ecology of the endangered fan mussel *Pinna nobilis* in a marine lake. *Endangered species research*, Vol. 1: 51–59,
22. Katsanevakis S. (2005). Population ecology of the fan mussel *Pinna nobilis* in a marine lake. *Endangered Species Research* 1, 1–9.
23. Rabaoui Lotfi, Sabiha Tlig-Zouari, Andrea cosentino and Oum Kalthoum Ben Hassine (2009). Associated fauna of the fan shell *Pinna nobilis* (Mollusca: Bivalvia) in the northern and eastern Tunisian coasts, *Scientia Marina*, Vol. 73(1) 129-141
24. Rabaoui L., Zouari S.T., Katsanevakis S., Kalthoum O. and Hassine B. (2007). Comparison of absolute and relative growth patterns among five *Pinna nobilis* populations along the Tunisian coastline: an information theory approach. *Marine Biology*, Vol. 152, 537–548.
25. Richardson C.A., Peharda M., Kennedy H., Kennedy P. and Onofri V.(2004). Age, growth rate and season of recruitment of *Pinna nobilis* (L) in the Croatian Adriatic determined from Mg:Ca and Sr:Ca shell profiles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Vol. 299, 1–16.
25. Richardson. C. A. á H. Kennedy á C. M. Duarte, D. P. Kennedy á S. V. Proud (1999). Age and growth of the fan mussel *Pinna nobilis* from south-east Spanish Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. *Marine Biology*, Vol. 133: 205-212

26. James R., Theodorou J. Recruitment of the endangered bivalve *Pinna nobilis* (Fan mussel) on *Mytilus galloprovincialis* longline aquaculture ropes in the Maliakos Gulf, Greece.– presented at Aquaculture Europe 2011, October 18-21, Rhodes, Greece
27. James R., Theodorou J., and Hellio C. Population study of the endangered bivalve *Pinna nobilis* (Fan mussel) in Maliakos Gulf, Greece. – Presented at AquaMedit 2010 5th International Congress on Aquaculture, Fisheries Technology, and Environmental Management 25 - 27 November 2010
28. Siletic T. & Peharda M (2003). Population study of the fan shell *Pinna nobilis* L. in Malo and Veliko Jezero of the Mljet National Park (*Adriatic Sea*). *Scientia Marina*, Vol. 67(1): 91 – 98
29. Valter Kozul, Niksa Glavic , Jaksa Bolotin & Nenad Antolovic (2011). Growth of the fan mussel *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Bivalvia) in experimental cages in the South Adriatic Sea, *Aquaculture Research*, 1–10

## ΕΚΔΟΣΕΙΣ

- García-March, Jose Rafael, Vicente & Nardo (2006). *Protocol to Study and Monitor Pinna nobilis Populations within Marine Protected areas*, done through the MedPAN - Interreg III C –project, Malta Environment and Planning Authority (MEPA)
- Katsanevakis S. Monitoring of the endangered bivalve *Pinna nobilis* in Lake Vouliagmeni (Korinthiakos Gulf, Greece) from 2004 to 2007, 9ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας 2009 - Πρακτικά, Τόμος II
- Φωτεινή Πομόνη-Παπαιωάννου, Σημειώσεις ανθρακικής ιζηματογένεσης (2005). Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Βιολογίας

## ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΥΚΤΙΟ

1. <http://www.extension.umn.edu/yardandgarden/YGLNews/images2/SoilTriangle.gif> Εικόνα 8, τριγωνικό διάγραμμα μηχανικής σύστασης εδαφών: Carl Hoffman, Horticulturist, Stearns Co. Extension .2005. Gardening from the Surface Downward, Yard & Garden Line News, May 1, 2005 Volume 7 Number 6.
2. [http://www.pedosphere.com/volume01/pdf/Section\\_03\\_02\\_01.pdf](http://www.pedosphere.com/volume01/pdf/Section_03_02_01.pdf)  
Dr. Noorallah Juma, Pedosphere .com, Volume 1, soil texture, structure and colour, 3.2.1 Textural classes
3. <http://www.astronomia.org.gr>. Ετήσιοι πίνακες φάσεων της σελήνης 2011-2012
4. <http://www.hcmr.gr> ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.
5. <http://www.photosous-marine.com>. Εικ.4 pontonia pinnophylax
6. <http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg320y/Molluska.htm>
7. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%AF%CE%BD%CE%BD%CE%B1>
8. [http://www.cretaquarium.gr/upload\\_files/dimosieumata/Posidonia.pdf](http://www.cretaquarium.gr/upload_files/dimosieumata/Posidonia.pdf)
9. [http://eureka.lib.teithe.gr:8080/bitstream/handle/10184/472/ant\\_introduction.pdf?sequence=2](http://eureka.lib.teithe.gr:8080/bitstream/handle/10184/472/ant_introduction.pdf?sequence=2) (στοιχεία υδροδυναμικής)
10. <http://www.zjff.net:81/showDetails.jsp?favid=167709>).
11. [http://www.lagunaproject.it/imgschede/Pinna\\_nobilis3.JPG](http://www.lagunaproject.it/imgschede/Pinna_nobilis3.JPG)). Εικόνα 15

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

### 1. ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΥΛΛΕΓΤΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ 1-5

#### 1.1. ΠΕΡΙΟΧΗ 1 (Αγία Μαρίνα)

Πιν. 22 : Παρουσίαση του αριθμού των πιννων που βρέθηκαν μαζί με τις μετρήσεις των κοχυλίων και το συνολικό μήκος (Ht) σε mm

##### ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΙΝΝΩΝ περιοχή 1

No	UL	W(mm)	w(mm)	Ht(mm)
1	182	126	53	277,37
2	113	81	46	195,84
3	133	105	34	194,36
4	116	97	54	213,16
5	131	96	33	190,57
6	221	142	77	359,33
7	182	111	74	314,96
8	184	106	74	316,96
9	204	151	62	315,48
10	235	179	66	353,64

#### 1.2. ΠΕΡΙΟΧΗ 2 (Αγία Μαρίνα)

Πιν. 23 : Παρουσίαση του αριθμού των πιννων που βρέθηκαν μαζί με τις μετρήσεις των κοχυλίων και το συνολικό μήκος (Ht) σε mm

##### ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ περιοχή 2

No	UL	W(mm)	w(mm)	Ht(mm)
1	271	163	80	414,7
2	212	144	55	310,95
3	170	110	50	260
4	326	184	81	471,49
5	210	158	56	310,74
6	200	151	67	320,43
7	189	133	56	289,74
8	194	143	52	287,58
9	203	128	44	282,26
10	247	173	69	371,01
11	208	145	62	319,48
12	166	103	158	449,32
13	161	11	53	256,37
14	209	167	64	324,06
15	245	148	72	374,38
16	227	156	45	308,05
17	223	182	90	384,6
18	175	126	68	297,22

19	280	165	65	396,85
20	231	145	66	349,64
21	135	90	32	192,78
22	201	120	70	326,8
23	160	111	43	237,47
24	204	133	55	302,95
25	242	148	66	360,64
26	139	104	58	243,32
27	118	87	26	165,04
28	251	189	82	398,28
29	158	124	68	280,22
30	220	131	54	317,16
31	181	126	72	310,38
32	159	120	45	240,05
33	202	133	61	311,69
34	187	118	63	300,27
35	125	90	36	189,94
36	140	125	45	221,05
37	252	153	73	383,17
38	88	53	17	118,93
39	264	161	67	384,43
40	190	122	51	281,79
41	228	157	59	334,11
42	223	135	42	298,68
43	195	126	57	297,53
44	260	144	59	366,11
45	201	146	62	312,48
46	209	188	47	293,63
47	198	121	45	279,05
48	117	106	36	181,94
49	184	123	48	270,42
50	221	152	66	339,64
51	210	149	60	317,9
52	242	144	84	392,86
53	146	113	49	234,21
54	135	100	42	210,68
55	166	118	65	282,85
56	161	105	50	251
57	252	155	83	401,07
58	202	123	66	320,64
59	191	121	66	309,64
60	133	100	29	185,41
61	236	142	40	308,1

### 1.3. ΠΕΡΙΟΧΗ 3 (Βασιλική)

Πιν. 24 :Παρουσίαση του αριθμού των πιννων που βρέθηκαν μαζί με τις μετρήσεις των κοχυλίων και το συνολικό μήκος (Ht) σε mm

#### ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ Περιοχή 3

No	UL	W(mm)	w(mm)	Ht(mm)
1	142	106	84	292,86
2	222	141	83	371,07
3	242	133	82	389,28
4	230	142	91	393,39
5	284	152	103	468,87
6	333	175	81	478,49
7	351	172	108	544,82
8	340	171	67	460,43
9	232	144	65	348,85
10	248	146	66	366,64
11	261	156	104	447,66
12	183	115	40	255,1
13	235	156	64	350,06
14	204	135	75	338,75
15	293	144	72	422,38
16	204	132	76	340,54
17	241	155	53	336,37
18	222	143	64	337,06
19	263	142	75	397,75
20	163	112	66	281,64
21	283	171	82	430,28
22	274	154	73	405,17
23	321	162	84	471,86
24	279	177	86	433,44
25	251	152	83	400,07
26	280	152	76	416,54
27	265	144	71	392,59
28	262	154	60	369,9
29	341	182	76	477,54
30	263	174	62	374,48
31	242	132	70	367,8
32	230	161	85	382,65
33	223	171	62	334,48
34	169	101	52	262,58
35	174	103	63	287,27
36	179	92	55	277,95
37	191	85	67	311,43
38	208	125	79	349,91
39	248	165	60	355,9
40	237	157	65	353,85
41	221	148	64	336,06
42	200	131	57	302,53

#### 1.4. ΠΕΡΙΟΧΗ 4 (Καλόγηρος)

Πιν. 25 : Παρουσίαση του αριθμού των πιννων που βρέθηκαν μαζί με τις μετρήσεις των κοχυλίων και το συνολικό μήκος (Ht) σε mm

<b>ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ Περιοχή 4 Καλόγηρος</b>				
<b>No</b>	<b>UL</b>	<b>W(mm)</b>	<b>w(mm)</b>	<b>Ht(mm)</b>
1	196	142	57	298,53
2	163	146	53	258,37
3	184	156	66	302,64
4	175	122	44	254,26
5	219	151	79	360,91
6	131	124	65	247,85
7	202	155	81	347,49
8	177	132	35	240,15
9	188	131	54	285,16
10	169	144	62	280,48
11	183	120	45	264,05
12	200	135	53	295,37
13	161	102	44	240,26
14	205	133	60	312,9
15	210	154	72	339,38
16	146	91	33	205,57
17	222	160	71	349,59

#### 1.5. ΠΕΡΙΟΧΗ 5 (Μαρίνι)

Πιν.26 : Παρουσίαση του αριθμού των πιννων που βρέθηκαν μαζί με τις μετρήσεις των κοχυλίων και το συνολικό μήκος (Ht) σε mm

<b>ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ Περιοχή 5 Μαρίνι</b>				
<b>No</b>	<b>UL</b>	<b>W(mm)</b>	<b>w(mm)</b>	<b>Ht(mm)</b>
1	121	112	99	298,71
2	152	150	131	386,99
3	150	147	130	383,2
4	163	122	91	326,39
5	204	154	101	385,29
6	163	133	72	292,38
7	234	155	72	363,38
8	212	131	83	361,07
9	145	133	11	165,19
10	216	166	122	434,88
11	312	188	99	489,71
12	234	134	102	417,08
13	241	164	76	377,54
14	271	154	105	459,45
15	192	115	55	290,95



16	293	144	88	451,02
17	215	104	74	347,96
18	265	133	72	394,38
19	188	111	80	331,7
20	162	111	52	255,58
21	196	132	70	321,8
22	213	112	74	345,96
23	222	132	72	351,38
24	250	142	91	413,39
25	216	155	90	377,6
26	231	166	122	449,88
27	268	167	59	374,11
28	165	112	54	262,16
29	150	111	45	231,05
30	166	111	85	318,65
31	130	113	109	325,61
32	136	108	75	270,75
33	200	133	95	370,55
34	245	165	102	428,08
35	164	132	122	382,88
36	248	167	117	457,93
37	234	132	114	438,56
38	206	164	126	432,04
39	222	135	90	383,6
40	112	90	67	232,43
41	181	125	10	199,4
42	194	136	96	366,34
43	198	122	104	384,66
44	200	104	72	329,38
45	225	148	86	379,44
46	294	166	94	462,76
47	235	135	116	443,14
48	189	135	81	334,49
49	174	125	84	324,86
50	298	155	105	486,45
51	292	144	84	442,86
52	214	136	105	402,45
53	284	155	104	470,66
54	263	177	112	463,98
55	251	172	111	450,19
56	174	125	65	290,85
57	210	142	66	328,64
58	204	132	85	356,65
59	205	155	94	373,76
60	234	125	75	368,75
61	208	49	77	346,33
62	187	155	86	341,44
63	231	162	85	383,65
64	245	184	74	377,96
65	213	122	94	381,76
66	132	121	104	318,66
67	254	175	104	440,66

68	178	165	129	409,41
69	164	145	107	356,03
70	201	143	114	405,56
71	155	132	90	316,6
72	172	141	100	351,5
73	214	166	102	397,08
74	265	174	99	442,71
75	204	184	79	345,91
76	332	162	74	464,96
77	150	102	84	300,86
78	175	114	75	309,75
79	203	107	88	361,02
80	225	154	103	409,87
81	191	123	112	391,98
82	177	132	76	313,54
83	198	122	114	402,56
84	235	114	102	418,08
85	165	88	69	289,01
86	190	138	77	328,33
87	217	144	99	394,71
88	229	150	91	392,39
89	205	138	94	373,76
90	155	114	77	293,33
91	224	154	66	342,64
92	228	194	69	352,01
93	224	145	140	475,1
94	201	174	98	376,92
95	271	175	71	398,59
96	223	132	75	357,75
97	225	163	87	381,23
98	201	114	73	332,17
99	184	135	84	334,86
100	222	154	96	394,34
101	302	177	92	467,18
102	341	165	81	486,49
103	305	162	97	479,13
104	284	155	109	479,61
105	290	161	107	482,03
106	333	174	135	575,15
107	217	155	100	396,5
108	224	164	107	416,03
109	188	167	101	369,29
110	193	111	84	343,86
111	189	132	74	321,96
112	177	114	65	293,85
113	162	91	52	255,58
114	174	82	70	299,8
115	200	134	99	377,71
116	215	165	114	419,56
117	254	174	115	460,35
118	287	175	120	502,3
119	247	135	80	390,7

2. Πιν. 27 : Παρουσίαση αποτελεσμάτων εδαφολογικής μηχανικής ανάλυσης υποστρωμάτων

	ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ					
	ΔΕΙΓΜΑ 1		ΔΕΙΓΜΑ 2		ΔΕΙΓΜΑ 3	
ΠΕΡΙΟΧΗ						
<b>1</b>	<b>A</b>	10	<b>A</b>	9	<b>A</b>	9,5
	<b>Δ1</b>	0,56	<b>Δ1</b>	0,56	<b>Δ1</b>	0,56
	<b>B</b>	7,5	<b>B</b>	6,5	<b>B</b>	6,5
	<b>Δ2</b>	0,02	<b>Δ2</b>	0,09	<b>Δ2</b>	0,09
	<b>%Sand</b>	78,88	<b>%Sand</b>	80,88	<b>%Sand</b>	79,88
	<b>%Clay</b>	15,04	<b>%Clay</b>	12,82	<b>%Clay</b>	12,82
	<b>%Silt</b>	6,08	<b>%Silt</b>	6,3	<b>%Silt</b>	7,3
	ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ	SL αμμοπηλώδες	ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ	SL αμμοπηλώδες	ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ	SL αμμοπηλώδες
<b>2</b>	<b>A</b>	8	<b>A</b>	7	<b>A</b>	8
	<b>Δ1</b>	0,38	<b>Δ1</b>	0,38	<b>Δ1</b>	0,31
	<b>B</b>	6,5	<b>B</b>	5,5	<b>B</b>	6
	<b>Δ2</b>	0,02	<b>Δ2</b>	0,16	<b>Δ2</b>	0,16
	<b>%Sand</b>	83,24	<b>%Sand</b>	85,24	<b>%Sand</b>	83,38
	<b>%Clay</b>	13,04	<b>%Clay</b>	10,68	<b>%Clay</b>	11,68
	<b>%Silt</b>	3,72	<b>%Silt</b>	4,08	<b>%Silt</b>	4,94
	ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ	SL αμμοπηλώδες	ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ	LS πηλοαμμώδες	ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ	LS πηλοαμμώδες
<b>3</b>	<b>A</b>	16	<b>A</b>	13	<b>A</b>	15
	<b>Δ1</b>	0,20	<b>Δ1</b>	0,20	<b>Δ1</b>	0,20
	<b>B</b>	9	<b>B</b>	8	<b>B</b>	9
	<b>Δ2</b>	0,16	<b>Δ2</b>	0,16	<b>Δ2</b>	0,16
	<b>%Sand</b>	67,6	<b>%Sand</b>	73,6	<b>%Sand</b>	69,6
	<b>%Clay</b>	17,68	<b>%Clay</b>	15,68	<b>%Clay</b>	17,68
	<b>%Silt</b>	14,72	<b>%Silt</b>	10,72	<b>%Silt</b>	22,72

	ΤΥΠΟΣ ΕΛΛΑΦΟΥΣ	SL αμμοπηλώδες	ΤΥΠΟΣ ΕΛΛΑΦΟΥΣ	SL αμμοπηλώδες	ΤΥΠΟΣ ΕΛΛΑΦΟΥΣ	SL αμμοπηλώδες
4	A	7	A	10	A	8
	Δ1	0,16	Δ1	0,13	Δ1	0,16
	B	4,5	B	5	B	5
	Δ2	0,16	Δ2	0,16	Δ2	0,16
	%Sand	85,68	%Sand	79,74	%Sand	83,68
	%Clay	8,68	%Clay	9,68	%Clay	9,68
	%Silt	5,64	%Silt	10,58	%Silt	6,64
	ΤΥΠΟΣ ΕΛΛΑΦΟΥΣ	LS πηλοαμμώδες	ΤΥΠΟΣ ΕΛΛΑΦΟΥΣ	SL αμμοπηλώδες	ΤΥΠΟΣ ΕΛΛΑΦΟΥΣ	LS πηλοαμμώδες
5	A	7	A	5	A	6
	Δ1	0,16	Δ1	0,20	Δ1	0,16
	B	4	B	3	B	3
	Δ2	0,16	Δ2	0,16	Δ2	0,16
	%Sand	89	%Sand	89,6	%Sand	87,68
	%Clay	6,68	%Clay	6,32	%Clay	5,68
	%Silt	4,32	%Silt	4,08	%Silt	6,64
	ΤΥΠΟΣ ΕΛΛΑΦΟΥΣ	LS αμμώδες	ΤΥΠΟΣ ΕΛΛΑΦΟΥΣ	S αμμώδες	ΤΥΠΟΣ ΕΛΛΑΦΟΥΣ	S αμμώδες

3. Πιν. 28 : Παρουσία στοιχείων μέτρησης γεωγραφικών συντεταγμένων και αποστάσεων

<b>ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ *</b>				
<b>ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ</b>	<b>ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΚΕΝΤΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ</b>	<b>ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΑΚΤΗΣ</b>	<b>ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΕΝΤΡΟΥ ΑΠΟ ΑΚΤΗΣ</b>	<b>ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΚΕΝΤΡΟ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ</b>
1	N : 38°54,036 E : 22°35,508 (ακρίβεια μέτρησης ±3 m)	N : 38 53,412 E : 22 34,583 (ακρίβεια μέτρησης ±6 μ)	45 m	—
2	N : 38° 54,039' E : 022° 35,510' (ακρίβεια μέτρησης ±3 m)	N : 38° 54,050' E : 22° 35,502' (ακρίβεια μέτρησης ±3 m)	28 m	1772 m
3	N : 38°54,167' E : 22°35,809' Ακρίβεια μέτρησης ±3 m	N :38° 54,174' E ; 22 35,804 Ακρίβεια μέτρησης ±3 m	16 m	520 m
4	N: 38°54,351' E: 22°37,625' Ακρίβεια μέτρησης ±4m	N :38° 54,351' E : 22° 37,613' Ακρίβεια μέτρησης ±3m	55 m	2657m
5	N : 38° 52,847' E : 22° 40,908') Ακρίβεια μέτρησης ±3m	N : 38 52,861' E : 22 40,914', Ακρίβεια μέτρησης ±3m	27 m.	5500m
*Οι μετρήσεις των γεωγραφικών συντεταγμένων και των αποστάσεων έγιναν με GPS , GARMIN mod etrex-Vista H				

4. Πίν. 29: Παρουσίαση στοιχείων δειγματοληψίας από την έρευνα του James Ross στο Νότιο Μαλιακό κόλπο.

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΜΕΣΟ ΒΑΘΟΣ ΝΕΡΟΥ(CM)	ΥΨΟΣ P.OCEANICA (CM)	ΚΑΛΥΨΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΑΠΟ P.OCEANICA	ΜΕΣΟ ΜΗΚΟΣ ΠΙΝΝΩΝ (CM)	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΠΙΝΝΩΝ
1	90	50	ΜΕΤΡΙΑ	290	17
2	90	35	ΜΕΤΡΙΑ	387	15
3	90	40	ΧΑΜΗΛΗ- ΜΕΤΡΙΑ	334	23
4	105	60	ΥΨΗΛΗ	515	4
5	35	10	ΧΑΜΗΛΗ	249	38